

ZALECENIA POLSKIEGO TOWARZYSTWA FTYZJOPNEUMONOLOGICZNEGO DOTYCZĄCE WYKONYWANIA BADAŃ SPIROMETRYCZNYCH

Zalecenia przygotowała Komisja powołana przez Zarząd PTF w składzie:

Dr hab. inż. Waldemar Tomalak, IGiChP Oddział w Rabce – Przewodniczący
Dr n. med. Adam Antczak – UM w Łodzi
Dr n. med. Piotr Boros – IGiChP w Warszawie
Dr Małgorzata Czajkowska-Malinowska – Kujawsko-Pomorskie Centrum Pulmonologii w Bydgoszczy
Dr n. med. Monika Franczuk – IGiChP W Warszawie
Dr n. med. Karol Gondorowicz – UM w Łodzi
Dr n. med. Andrzej Krzywiecki – ŚAM w Zabrze
Dr inż. Jakub Radliński – IGiChP Oddział w Rabce
Dr hab. n. med. Zenon Siergiejko – AM w Białymstoku
Prof. dr hab. n. med. Paweł Śliwiński – IGiChP w Warszawie
Dr n. med. Stefan Wesołowski – IGiChP w Warszawie
Dr hab. n. med. Dariusz Ziora – ŚAM w Zabrze

Oc[>fR>

Adres Redakcji: 01-138 Warszawa, ul. Płocka 26,
tel. (022) 43-12-108, fax. (022) 43-12408, e-mail: 3klinika@igichp.edu.pl

***Publikacja niniejszego dokumentu
była możliwa dzięki wsparciu finansowemu
Fundacji ODDECH NADZIEI
dla Cierpiących na Schorzenia Płuc i Oskrzeli w Bydgoszczy
ze środków budżetu Państwa w ramach kontraktu
dla Województwa Kujawsko-Pomorskiego na rok 2004***

Spis Treści

K. Roszkowski-Śliż, W. Tomalak Słowo wstępne	5
J. Kozielski: O potrzebie opracowania wytycznych badania spirometrycznego	6
W. Tomalak, J. Radliński: Definicje	7
W. Tomalak, J. Radliński: Wymagania metrologiczne dla urządzeń umożliwiających wykonanie badania spirometrycznego	10
M. Franczuk, A. Antczak: Wskazania i przeciwwskazania do wykonywania spirometrii	13
K. Gondorowicz, Z. Siergiejko: Procedury wykonywania badań. Akceptowalności i powtarzalności pomiarów	16
P. Boros, M. Franczuk, S. Wesołowski Zasady interpretacji wyników badania spirometrycznego	19
W. Tomalak: Odrębności w wykonywaniu badań spirometrycznych u dzieci	29
M. Czajkowska-Malinowska, A. Krzywiecki: Przestrzeganie higieny i kontrola transmisji zakażeń	31

SŁOWO WSTĘPNE

Zalecenia PTFP dotyczące wykonywania badań spirometrycznych są kolejnym ważnym krokiem w kierunku uporządkowania i standaryzacji procedur medycznych w naszym kraju. O ile cieszy wzrastająca dostępność tego badania, o tyle martwi niedostateczna jego jakość w wielu ośrodkach. Dokument ten pozwoli na postawienie jasnych i jednolitych wymagań placówkom wykonującym to badanie oraz lekarzom nadzorującym ich pracę. Nie będzie już mowy o różnych „szkołach” spirometrii. Ze względu na podstawową rolę tego badania w diagnostyce chorób płuc będzie on niewątpliwie ważnym elementem w procesie kształcenia podyplomowego lekarzy specjalizujących się w dziedzinie chorób płuc. Także kursy i szkolenia w tej dziedzinie powinny być oparte o zasady tu przedstawione. Opracowanie to pozwoli także na kontrolę jakości badań w poszczególnych placówkach i tym samym będzie stanowić podstawę ich certyfikacji. Przyczyni się to niewątpliwie do poprawy jakości wykonywanych badań oraz ułatwi wybór instytucjom takim jak ZUS, NFZ czy firmy farmaceutyczne ośrodków wykonujących badania dla celów orzeczniczych, ubezpieczeniowych czy badań naukowych (epidemiologicznych, lekowych).

*Prof. dr hab. med. Kazimierz Roszkowski-Śliż
Konsultant Krajowy w dziedzinie chorób płuc*

Standaryzacja badań układu oddechowego ma już swoją historię. Pierwsze próby podjęto na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych ubiegłego stulecia pod egidą Europejskiej Wspólnoty Węgla i Stali (ECCS). Prace nad opracowywaniem standardów postępowania i zaleceń prowadzono później pod egidą towarzystw naukowych, co doprowadziło do opracowania standardów m. in. BTS, ERS i ATS.

Do chwili obecnej posługiwaliśmy się dwoma zasadniczymi dokumentami: zaleceniami Europejskiego Towarzystwa Oddechowego z 1993 r. i zaleceniami Amerykańskiego Towarzystwa Klatki Piersiowej z 1995 r. Prezentowane polskie zalecenia są w dużej mierze oparte na tych dwóch dokumentach. Opracowania ich podjęła się grupa powołana przez Zarząd PTF, składająca się z osób zajmujących się na co dzień i od wielu lat badaniami układu oddechowego. Reprezentują Akademię Medyczną (Śląska AM w Zabrze, AM w Białymstoku, UM w Łodzi), Instytut Gruźlicy (w Warszawie i Oddział w Rabce) oraz Kujawsko-Pomorskie Centrum Pulmonologii w Bydgoszczy.

Poniższe zalecenia stanowią pierwszy element działań, mający na celu opracowanie i wdrożenie systemu oceny i akredytacji laboratoriów wykonujących spirometrię dla celów diagnostycznych.

*Waldemar TOMALAK
Przewodniczący Komisji*

O POTRZEBIE OPRACOWANIA WYTYCZNYCH BADANIA SPIROMETRYCZNEGO.

Słowo spirometria pochodzi z języka greckiego i oznacza pomiar oddychania (spiro+metro). Badanie spirometryczne jest jednym z częściej wykonywanych badań czynnościowych w medycynie. Początki jego wykonywania sięgają XIX wieku. Po raz pierwszy dokonał tego pomiaru Hutchinson w 1846 roku, za pomocą skonstruowanego przez siebie urządzenia, spirometru, którym to zmierzył pojemność życiową [1]. Dopiero 100 lat później Tiffeneau i Pinelli zmierzili objętość wydychanego powietrza w czasie jednej sekundy natężonego wydechu [2], a w 1958 roku Hyatt i wsp. zarejestrowali krzywą przepływ-objętość [3]. Od czasu Hutchinsona udoskonalano stosowaną w tym badaniu aparaturę, poznawano nowe możliwości jej zastosowania w rozpoznawaniu i monitorowaniu chorób, i to nie tylko płuc. Obecnie trudno wyobrazić sobie lekarza pulmonologa, który nie korzysta w praktyce codziennej z tego badania. Coraz częściej ponadto badanie to wykonuje się w praktyce lekarza rodzinnego. Fakty te cieszą, bowiem na dzień dzisiejszy badanie spirometryczne stało się między innymi warunkiem rozpoznania i właściwego leczenia chorych na przewlekłą obturacyjną chorobę płuc i astmę oskrzelową, choroby coraz częściej występujące na świecie, w tym również w Polsce [4, 5]. Dane epidemiologiczne świadczą również o tym, że choroby te często pozostawały nierozpoznane, w związku z brakiem możliwości wykonywania badań spirometrycznych w placówkach lekarza rodzinnego [6].

Z drugiej strony dane literaturowe i własne obserwacje świadczą o tym, że badanie spirometryczne jest źle wykonywane u około połowy badanych [6, 7]. Stwarza to olbrzymie problemy orzecznicze, a także wpływa niekorzystnie na rozpoznawanie wczesnych postaci choroby, w których zmiany chorobowe są mało zaawansowane. Tym samym prowadzi to do zaniechania profilaktyki i leczenia tych chorych, w następstwie czego choroba postępuje, prowadząc w wielu przypadkach do inwalidztwa oddechowego i przedwczesnej śmierci [8].

Powołany przez Zarząd Główny Towarzystwa Ftyzjopneumonologicznego zespół ekspertów opracował wytyczne wykonywania badania spirometrycznego, obejmujące kompleks zagadnień związanych z tym tematem, począwszy od definicji, poprzez sprzęt służący do wykonywania badania, istotne elementy kliniczne związane z nim, aż po kontrolę higieny i transmisji zakażeń.

Mam nadzieję że zalecenia te, opracowane po raz pierwszy w naszym kraju, spełnią oczekiwania lekarzy i osób wykonujących to badanie, że publikacja ta znajdzie się w każdej pracowni wykonującej badanie spirometryczne. Liczę również na to, że prowadzone w różnych placówkach szkolenia spirometryczne będą opierały się na tych wytycznych.

Mam nadzieję, że w najbliższym czasie powstanie sieć placówek wytypowanych przez Towarzystwo do takiego szkolenia i że wszystkie pracownie spirometryczne w kraju będą się starały uzyskać certyfikaty Towarzystwa na to badanie.

Jerzy Kozielski
prezes Polskiego Towarzystwa Ftyzjopneumonologicznego

Piśmiennictwo

1. Hutchinson J. On the capacity of the lungs and on the respiratory movements with the view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the spirometer. *Lancet* 1846;1,630-632
2. Tiffeneau R, Pinelli AF. Air circulant et air captive dans l'expiration de la fonction ventilatrice pulmonaire. *Pris Med.* 1947;133,624-628
3. Hyatt RE, Schilder P, Fry DL. Relationship between maximum expiratory flow and degree of lung inflation. *J Appl Physiol* 1958;13,331-336
4. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Ftyzjopneumonologicznego rozpoznawania i leczenia przewlekłej obturacyjnej choroby płuc. *Pneumonol Alergol Pol* 2002;69,supl.2
5. Światowa strategia rozpoznawania, leczenia i prewencji astmy. MP 2002; wyd. spec 6
6. Niepsuj G, Kozielski J, Niepsuj K i wsp. Przewlekła obturacyjna choroba płuc u mieszkańców miasta Zabrze. *Wiad Lek* 2002;supl.1,cz.1,354-359
7. Eaton T, Withy S, Garret JF i wsp. Spirometry in primary care practice. The importance of quality assurance and the impact of spirometry workshops. *Chest* 1999;116,416-423
8. Anthonisen NR i wsp. Effects of smoking intervention and the use of inhaled anticholinergic bronchodilator on the rate of decline of FEV1. The Lung Health Study. *JAMA* 1994;272,1497-1505

DEFINICJE

Waldemar Tomalak, Jakub Radliński

Pneumonol. Alergol. Pol. 2004, 72, 7-9

Spirometria (gr. spiro+metreo) jest badaniem umożliwiającym określenie wielkości objętościowych i przepływowych charakteryzujących układ oddechowy badanego. Do wykonywania badań spirometrycznych stosuje się 2 typy urządzeń:

- urządzenia mierzące objętość powietrza wchodzącego do i wychodzącego z układu oddechowego (spirometry dzwonowe, mieszkowe);
- urządzenia mierzące przepływ powietrza w układzie oddechowym i umożliwiające określanie objętości lub jej zmiany na zasadzie integracji przepływu. Urządzenia te zawierają element mierzący przepływ (pneumotachometr typu Lilly lub Fleisch, lub element działający na zasadzie pomiaru prędkości przepływu z różnicy ciśnień, czujnik ultradźwiękowy lub termoanemometryczny lub inny).

Badania spirometryczne można sprowadzić do 3 procedur pomiarowych:

1. rejestracji spirogramu w czasie spokojnego oddychania, umożliwiające zmierzenie pojemności życiowej (VC) i jej składowych,
2. rejestracji manewru natężonego wdechu-wydechu umożliwiające rejestrację krzywej maksymalny przepływ-objętość oraz wartości z nią związanych,
3. pomiaru maksymalnej wentylacji dowolnej.

1. Pojemność życiowa i jej składowe

Definicje objętości i pojemności:

TV (tidal volume) – objętość oddechowa. Objętość powietrza wdychana do płuc i wydychana w trakcie cyklu oddechowego.

ERV (expiratory reserve volume) – zapasowa objętość wydechowa. Objętość powietrza, które można maksymalnie wydmuchać po zakończeniu spokojnego wydechu.

IRV (inspiratory reserve volume) – zapasowa objętość wdechowa. Maksymalna objętość powietrza, którą można wciągnąć do płuc po zakończeniu spokojnego wdechu.

IC (inspiratory capacity) – pojemność wdechowa. Maksymalna objętość powietrza, którą można wciągnąć do płuc po zakończeniu spokojnego wydechu (poziomu FRC). Jest sumą IRV i TV.

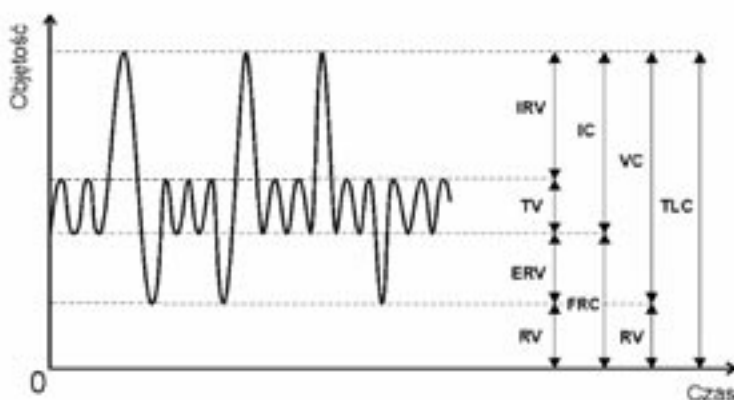
VC (vital capacity) – pojemność życiowa. Jest to objętość powietrza w płucach stanowiąca różnicę pomiędzy najgłębszym wdechem i najgłębszym wydechem. W pomiarach rozróżnia się VC wdechową i wydechową lub dwuetapową w zależności od sposobu przeprowadzenia pomiaru (ryc. 1).

SVC (slow vital capacity) – pojemność życiowa określona w podczas powolnych manewrów oddechowych (patrz VC).

IVC (inspiratory vital capacity) – wdechowa pojemność życiowa określana od poziomu pełnego (maksymalnego) wydechu do wdechu.

EVC (expiratory vital capacity) – wydechowa pojemność życiowa określana od poziomu pełnego (maksymalnego) wdechu do wydechu.

VCmax (maximal vital capacity) – maksymalna pojemność życiowa – uzyskana w czasie pomiaru.



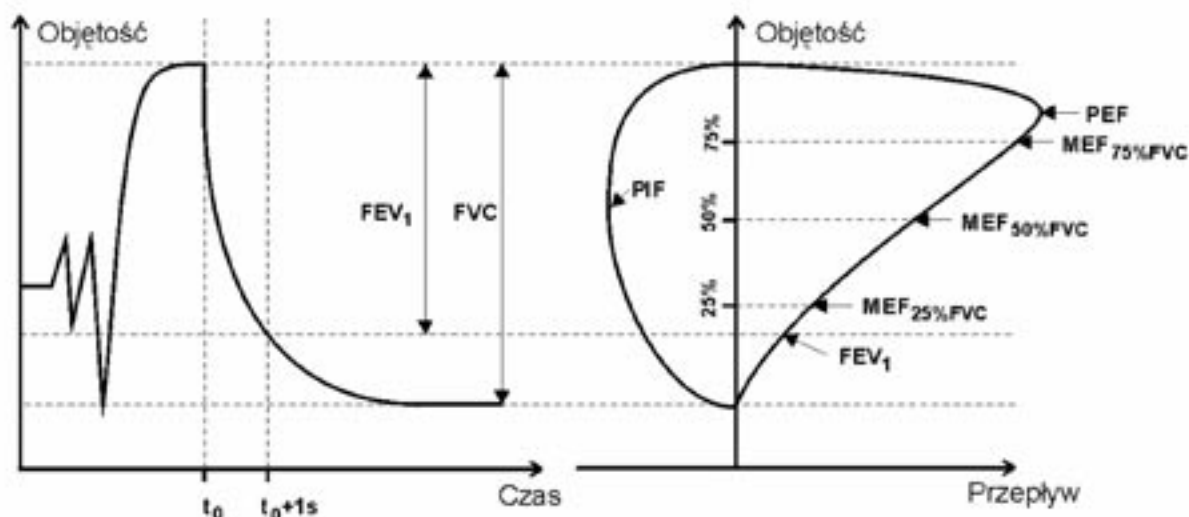
Ryc. 1 Definicje objętości i pojemności. na rycinie uwidoczniono trzy różne sposoby pomiaru VC.

FRC (functional residual capacity) – czynnościowa pojemność zalegająca – objętość powietrza pozostająca w płucach i drogach oddechowych po zakończeniu spokojnego wydechu.

RV (residual volume) – objętość zalegająca – objętość powietrza pozostająca w płucach i drogach oddechowych po zakończeniu pełnego wydechu.

TLC (total lung capacity) – całkowita pojemność płuc – objętość powietrza w płucach po zakończeniu pełnego wdechu.

FEV₁ (forced expiratory volume in one second) – natężona objętość wydechowa pierwszosekundowa. Objętość powietrza wydychana w czasie pierwszej sekundy natężonego wydechu. (ryc. 2)



Ryc. 2 Zależność pomiędzy zdefiniowanymi parametrami w układach czas-objętość i przepływ-objętość

FEV_n (forced expiratory volume in n seconds) – natężona objętość wydechowa w czasie pierwszych n sekund forsownego wydechu. Objętość powietrza wydychana w czasie pierwszych n sekund natężonego wydechu.

FVC (forced vital capacity) – natężona pojemność życiowa. Największa objętość powietrza wydychana przy maksymalnym wysiłku wydechowym po uprzednim możliwie największym wdechu.

FEV₁%VC (forced expiratory volume in one second % of vital capacity) – określa stosunek FEV₁ do pojemności życiowej płuc i wyrażone jest w procentach (pojemności życiowej). Wskaźnik ten nosi nazwę wskaźnika Tiffenau.

FEV₁%FVC (forced expiratory volume in one second % of forced vital capacity) – określa jaki procent natężonej pojemności życiowej pacjent jest w stanie wydychać w czasie 1 sekundy natężonego wydechu.

Objętości i pojemności mierzone są w litrach (dm³) lub mililitrach i przeliczane do warunków BTPS.

Dla tak zdefiniowanych wielkości zachodzą następujące związki:

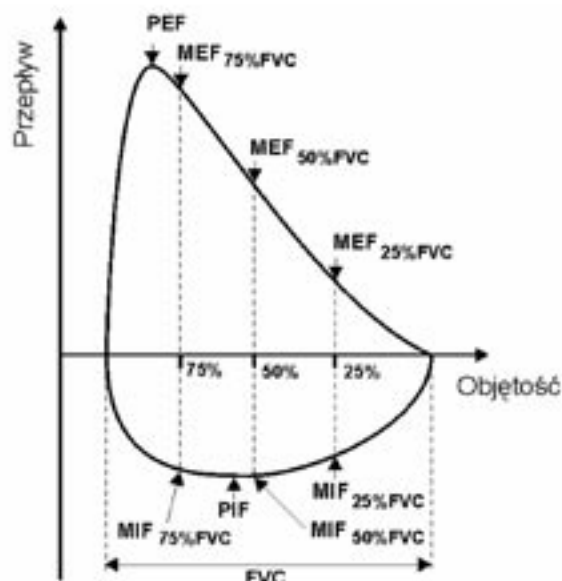
$$VC = IRV + TV + ERV = IC + ERV$$

$$TLC = VC + RV = IC + FRC = IRV + TV + ERV + RV$$

(ryc. 1)

2. Krzywa maksymalny przepływ – objętość (maximal flow-volume loop)

Definicje przepływów:



Ryc. 3 Podstawowe wielkości oznaczane na krzywej przepływ-objętość

PEF (peak expiratory flow) – szczytowy przepływ wydechowy zarejestrowany w trakcie badania maksymalnie natężonego wydechu.

PIF (peak inspiratory flow) – szczytowy przepływ wdechowy zarejestrowany w trakcie badania maksymalnie natężonego wdechu.

MEF $x\%$ FVC (maximal expiratory flow) natężony przepływ wydechowy, gdy $x\%$ FVC pozostało do wydmuchnięcia ($x=75, 50, 25\%$). Maksymalny przepływ powietrza w l/sekundę, gdy $x\%$ FVC pozostało do wydmuchnięcia. Przepływ zmierzony podczas maksymalnie natężonego wydechu, w punkcie odpowiadającym $x\%$ pozostałej do wydmuchnięcia natężonej pojemności życiowej płuc (FVC).

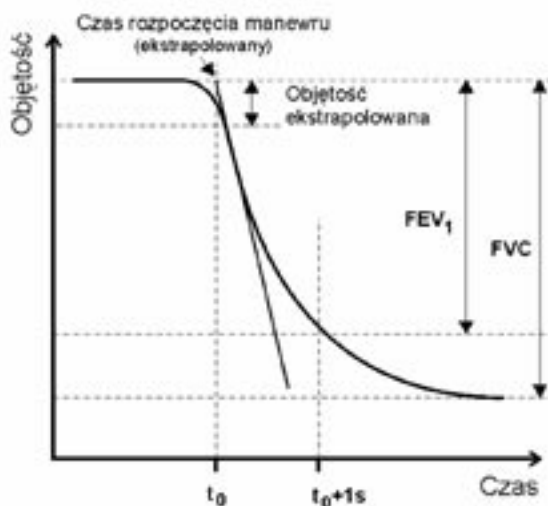
MIF $x\%$ FVC (maximal inspiratory flow at $x\%$ of FVC) – natężony przepływ wdechowy zmierzony w momencie, gdy w płucach pozostaje $x\%$ FVC jw.

MEF75%-25% (lub MMEF) – (maximal expiratory flow 25%-75% lub maximal midexpiratory flow) – maksymalny uśredniony przepływ wydechowy pomiędzy wartościami, 75% i 25% FVC.

W piśmiennictwie amerykańskim stosuje się nieco inne oznaczenia dla forsownych przepływów:

FEF25%FVC (forced expiratory flow at 25% of exhaled FVC) – odpowiednik MEF75%FVC itd.

Czasy określone w trakcie manewru natężonego wydechu.



Ryc. 4. Ekstrapolacja czasu rozpoczęcia manewru

Czas trwania natężonego wydechu – przy pomiarach objętości punkt startowy manewru określany jest przez ekstrapolację wsteczną części krzywej objętość-czas o największym nachyleniu (dV/dt) aż do punktu zerowego. W większości obecnie stosowanych urządzeń mierzy się przepływ, co pozwala obliczyć objętości w ekstrapolowanym cza-

sie za pomocą całkowania przepływu. Oznaczona w ten sposób objętość ekstrapolowana nie powinna przekroczyć 100 ml lub 5% oznaczonego FVC (w ocenie uwzględnia się większą wartość).

Dopuszczalne są następujące kryteria zakończenia wydechu:

- w ciągu 0.5s zmiana objętości nie przekracza 25mL.
- w ciągu 2 ostatnich sekund zmiana objętości nie przekracza 50 mL.

Powyższa lista nie wyczerpuje wszystkich wielkości możliwych do oznaczenia w czasie badania spirometrycznego. Część innych wskaźników (np. wskaźniki czasowe) mają wpływ na akceptowalność wyników pomiarów, jednakże w zasadzie nie mają wpływu na interpretację wyniku pomiaru.

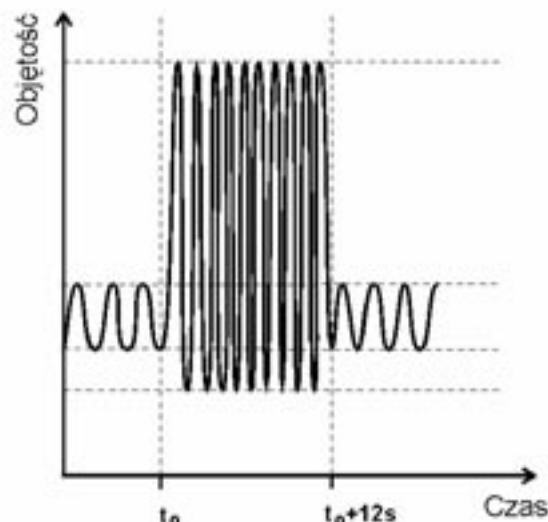
FET (forced expiratory time) – czas wykonania manewru natężonego wydechu wg powyższych kryteriów (od ekstrapolowanego czasu rozpoczęcia manewru do spełnienia kryteriów zakończenia wydechu).

FET $n\%$ FVC (forced expiratory time at $n\%$ FVC) – czas potrzebny na wydmuchanie $n\%$ FVC.

tPEF (time to PEF, czasem PEFt) – czas potrzebny na osiągnięcie szczytowego przepływu wydechowego

AEX (area under expiratory curve) – pole powierzchni pod krzywą wydechową w układzie przepływ – objętość.

3. Maksymalna wentylacja dowolna



Ryc. 5 Zasada oznaczania maksymalnej wentylacji dowolnej

MVV (maximal voluntary ventilation) – maksymalna wentylacja dowolna. Jest to sumaryczna maksymalna wentylacja zmierzona w ciągu 12 s i przeliczona na wentylację minutową.

WYMAGANIA METROLOGICZNE DLA URZĄDZEŃ UMOŻLIWIAJĄCYCH WYKONANIE BADANIA SPIROMETRYCZNEGO

Waldemar Tomalak, Jakub Radliński

Pneumonol. Alergol. Pol. 2004, 72, 10-12

Sformułowane poniżej wymagania metrologiczne dotyczą urządzeń służących do celów diagnostycznych (nie monitoringowych, czy badań przesiewowych). **Konieczność spełnienia poniższych wymogów jest obowiązkiem producenta sprzętu i winna być potwierdzona odpowiednimi certyfikatami.**

Obecnie używane urządzenia umożliwiające wykonanie badania spirometrycznego możemy podzielić na dwie główne grupy w zależności od mierzonej wielkości fizycznej:

- urządzenia mierzące objętość – spirometry dzwonowe
- urządzenia mierzące przepływ – oparte na pneumatometrycznej (zalecane) lub innej metodzie pomiaru prędkości przepływu gazu.

Urządzenia mierzące objętość rejestrują objętość w funkcji czasu. Wartości przepływu można wyliczyć na podstawie nachylenia stycznej do wykresu objętości w danym punkcie (z zastrzeżeniem dotyczącym pomiaru FEV_1 – kiedy jest to objętość powietrza wydychanego w ciągu pierwszej sekundy forsownego wydechu). Wymogi dla tych urządzeń przedstawione zostały w tabeli I.

Urządzenia oparte na pneumatometrycznym pomiarze prędkości przepływu mierzą i rejestrują przepływ w funkcji czasu. Parametry objętościowe wyliczane są za pomocą integracji przepływu. Obecnie ten typ urządzeń stosowany jest najczęściej. Wymogi metrologiczne dla tych urządzeń podano w tabelach II i III. Wymagania sformułowano w oparciu o zalecenia [1] i [2].

1. Wymagania metrologiczne

Zastosowane pojęcia:

Dokładność – błąd dokładności możemy zdefiniować jako systematyczną różnicę pomiędzy wynikiem pomiaru a prawdziwą mierzoną wartością. Jeżeli mierzymy objętość wzorcową 1L a wynik uzyskany z aparatu pomiarowego wynosi 1.1 L oznacza to że dokładność wynosi 10% lub 0.1 L. Dokładność podaje się w określonym zakresie pomiarowym.

Precyzja – błąd pomiędzy powtarzanymi pomiarami określonej wartości. Przykładowo jeżeli urządzenie za każdym razem podaje wynik większy o 0.1L to jego dokładność wynosi 0.1L. Jeżeli w serii pomiarów, za każdym razem dla mierzonej wartości 1L wynik wyniesie 1.1L to wtedy precyzja wynosi 0L. Należy zwrócić uwagę, że powtarzalność pomiarów jest tym lepsza im precyzja jest mniejsza.

Zakres pomiaru – zdolność urządzenia do pomiarów w danym zakresie. Często większy od zakresu, w którym wymagana jest określona dokładność.

Zdolność do rejestrowania – czas, w którym urządzenie jest w stanie prowadzić pomiar. Przykładowo dla pomiarów VC urządzenie musi być zdolne do rejestracji zmian objętości co najmniej przez 30 s.

Opór – układ pomiarowy musi być tak skonstruowany, by opór własny urządzenia stawiany dla przepływu był jak najmniejszy, nie większy od podanej wartości.

BTPS (body temperature, pressure saturated) – określone dla warunków: temperatura ciała ($\sim 37^\circ\text{C}$) i 100% nasycenia parą wodną.

Tabela I. Wymagania dla urządzeń mierzących objętość

Wielkość mierzona	Zakres dokładności (BTPS)	Zakres pomiarowy	Zdolność do rejestrowania (s)	Opór	Testowanie kalibracja
VC	0.5-8.0 L \pm 3% lub \pm 0.05 L	przepływ: 0-14.0L/s objętość: 8.0 L	30		pompa kalibracyjna 3.0 L
FEV ₁	0.5-8.0 L \pm 3% lub \pm 0.05 L	przepływ: 0-14.0L/s objętość: 8.0 L	1	<1.5 cm H ₂ O/L/s	pompa kalibracyjna 3.0 L
FVC	0.5-8.0 L \pm 3% lub \pm 0.05 L	przepływ: 0-14.0L/s objętość: 8.0 L	15	<1.5 cm H ₂ O/L/s	24 standardowe przebiegi

Tabela II. Wymagania dla urządzeń mierzących przepływ

Wielkość mierzona	Zakres dokładności (BTPS)	Zakres pomiarowy	Zdolność do rejestrowania (s)	Opór	Testowanie kalibracja
V	\pm 14.0 L/s \pm 5% lub \pm 0.2 L/s	\pm 14.0 L/s	15	<1.5 cm H ₂ O/L/s	udokumentowane przez producenta
MEF75-25	7.0 L/s \pm 5% lub \pm 0.2 L/s	0-14.0 L/s	15	<1.5 cm H ₂ O/L/s	24 standardowe przebiegi
PEF	Dokładność: \pm 10% lub 0.4 L/s Precyzja: \pm 5% lub 0.2 L/s Płaska charakterystyka częstotliwościowa \pm 5% do 12 Hz	0-14.0 L/s		<1.5 cm H ₂ O/L/s	26 standardowe przebiegi
VC	0.5-8.0 L \pm 3% lub \pm 0.05 L	przepływ 0-14.0 L/s objętość 8.0 L	30		pompa kalibracyjna 3.0 L
FVC	0.5-8.0 L \pm 3% lub \pm 0.05 L	przepływ 0-14.0 L/s objętość 8.0 L	15	<1.5 cm H ₂ O/L/s	24 standardowe przebiegi
FEV ₁	0.5-8.0 L \pm 3% lub \pm 0.05 L	przepływ 0-14.0 L/s objętość 8.0 L	1	<1.5 cm H ₂ O/L/s	pompa kalibracyjna 3.0 L

Tabela III. Wymagania dla urządzeń mierzących maksymalną wentylację dowolną

Wielkość mierzona	Zakres dokładności (BTPS)	Zakres pomiarowy	Zdolność do rejestrowania (s)	Opór	Testowanie kalibracja
VC	250 L/min przy TV 2.0 L \pm 10% lub \pm 15 L/min. Płaska charakterystyka częstotliwościowa (\pm 10%) w zakresie do 4Hz	przepływ: \pm 14.0L/s \pm 3%	12 s-15 s \pm 3%	< \pm 10 cm H ₂ O przy 2.0 L TV przy 2.0 Hz	pompa wytwarzająca sygnał sinusoidalny

2. Zasady kontroli jakości funkcjonowania sprzętu

Poza „absolutnymi” wymaganiami metrologicznymi, które musi spełniać sprzęt służący do wykonywania badań, niezbędne są działania mające na celu upewnienie się, że badanie będzie przebiegać w prawidłowych warunkach i sprzęt będzie działał w sposób właściwy. Działania te obejmują:

- kontrolę warunków zewnętrznych (ciśnienie barometryczne, temperatura, wilgotność) – dla zapewnienia odpowiedniej konwersji wielkości objętościowych do warunków BTPS oraz komfortu badanych osób.

- kontrolę prawidłowego funkcjonowania modułów aparatów używanych do badań. W sprzęcie skomputeryzowanym takie funkcje kontrolne realizowane są przez odpowiednie oprogramowanie diagnostyczne. Należy przeprowadzać ją codziennie.
- kontrolę szczelności układu połączeń. Można dokonać wizualnej oceny stanu rur łączących, jednak zaleca się stosowanie stałego ciśnienia 3 cm H₂O (3 hPa) przez 1 minutę, w ciągu której wartość ciśnienia nie powinna ulec zmianie. Test powinien być przeprowadzany codziennie.
- kalibrację. Kalibrację urządzeń zaleca się przeprowadzać z użyciem trzylitrowej strzy-

kawki kalibracyjnej z różnymi prędkościami tłoka – tak by odbywała się ona dla różnych prędkości przepływów gazu. Kalibrację objętości należy wykonywać codziennie

- kontrolę liniowości charakterystyki wykonywaną np. przy pomocy strzykawki kalibracyjnej przy różnych wartościach przepływów. Test należy wykonywać raz na kwartał.
- przy wymianie oprogramowania wspomagającego proces pomiarowy należy przeprowadzić rekalkibrację urządzenia i kontrolę liniowości
- okresowe wykonywanie badań na tzw. znanych obiektach – np. na personelu laboratoriów.

W przypadku urządzeń, które wg producenta nie wymagają codziennej kalibracji, należy przeprowadzać okresowe testy współczynników kalibracji i liniowości charakterystyk pomiarowych – raz na kwartał.

Raporty kalibracyjne oraz raporty ze sprawdzania liniowości charakterystyk pomiarowych winny być przechowywane w laboratorium przez jeden rok.

Piśmiennictwo:

1. Standardization of Spirometry 1994 update. Am. J. Respir Crit Care Med. 1995, 152: 1107-1136.
2. Quanjer Ph. H., Tammeling GJ, Cotes JE., Pedersen OF., Peslin R., Yernault JC.: Lung volumes and forced ventilatory flows. Eur. Respir. J. 1993, 6, suppl 16, 5-40.

WSKAZANIA I PRZECIWWSKAZANIA DO WYKONYWANIA SPIROMETRII

Monika Franczuk, Adam Antczak

Pneumonol. Alergol. Pol. 2004, 72, 13-15

1. SPIROMETRIA – WSKAZANIA

Powszechnie akceptowane wskazania do badania spirometrycznego, opracowane przez American Thoracic Society wyróżniają następujące grupy wskazań: diagnostyka, monitorowanie, orzecznictwo i badania epidemiologiczne [1,2].

1. Wskazania diagnostyczne

- Ocena czynności układu oddechowego w obecności:
 - objawów podmiotowych (duszność, świsły, kaszel, odkrztuszanie, orthopnoe, ból w klatce piersiowej),
 - objawów przedmiotowych (nieprawidłowe dźwięki oddechowe, cechy rozedmy, wydłużenie fazy wydechu, sinica, deformacje klatki piersiowej, palce pałeczkowate)
 - nieprawidłowości w badaniach dodatkowych (nieprawidłowości w obrazie radiologicznym klatki piersiowej, hipokseミア, hiperkapnia, poliglobulia - podwyższona wartość hematokrytu)
- Badania przesiewowe u osób z czynnikami ryzyka (palenie tytoniu, ekspozycja na czynniki toksyczne – pyły, gazy).
- Badanie układu oddechowego w chorobach układowych
- Ocena ryzyka okołoperacyjnego:
 - operacje pozapłucne
 - operacje torakochirurgiczne
- Ocena stanu czynności układu oddechowego przed rozpoczęciem forsownej aktywności fizycznej.

2. Monitorowanie

- Monitorowanie leczenia:
 - lekami rozkurczającymi oskrzela,
 - kortykosteroidami (astma, POCHP, choroby śródmiąższowe płuc),
 - innymi lekami (np. antybiotykoterapia w mukowiscydozie),
 - lekami odwadniającymi zastoinowej niewydolności krążenia.

- Obiektywna ocena przebiegu choroby i wpływu chorób na czynność układu oddechowego.
- Monitorowanie skutków leczenia o znanym, potencjalnie uszkadzającym działaniu na układ oddechowy.
- Monitorowanie czynności układu oddechowego u chorych po przeszczepach płuc i innych narządów (nerki, szpik – GVH, BOOP).
- Monitorowanie czynności układu oddechowego osób narażonych na działanie zawodowych czynników toksycznych.

3. Orzecznictwo

- Ocena niezdolności do pracy.
- Ocena stopnia niepełnosprawności.
- Ocena efektów rehabilitacji.
- Ocena czynności układu oddechowego.
 - dla celów ubezpieczeniowych,
 - prawnych – orzekanie o chorobach zawodowych, postępowanie odszkodowawcze, sądowe.

4. Epidemiologiczne

- Ocena stanu zdrowia populacji
- Ocena odległych skutków zakażeń i wpływu zanieczyszczeń powietrza na układ oddechowy

Wskazania diagnostyczne

Badanie spirometryczne jest znakomitym narzędziem do rozpoznania i określenia typu zaburzeń czynności płuc oraz oceny stopnia ich nasilenia. Jest jednym z kluczowych kryteriów diagnostycznych uwzględnionych w międzynarodowych zaleceniach dotyczących rozpoznawania i klasyfikacji astmy oskrzelowej [3] i POChP [4] (GINA, GOLD). Pozwala na ocenę stopnia zaawansowania choroby, dobór optymalnego leczenia i obiektywną ocenę jego skuteczności oraz ustalenie rokowania. Stanowi nieodzowny element diagnostyki w przypadku obecności wielu objawów. Zazwyczaj pierwszym etapem diagnostyki dolegliwości ze strony układu oddechowego jest zdjęcie rtg klatki piersiowej

i na ogół nie wykazuje ono cech nieprawidłowych. Dzieje się tak dlatego, że w przebiegu np. POChP do zmian w obrazie rtg dochodzi późno, gdy choroba trwa już kilka, a nawet kilkanaście lat, a jej objawy określane jako tzw. „kaszel palacza” i „niewielka” duszność wysiłkowa nie budzą dostatecznej czujności lekarskiej. Spirometria jest badaniem, które w takich sytuacjach umożliwia najwcześniej wykrycie ograniczenia rezerw wentylacyjnych. Stwierdzenie upośledzenia czynności układu oddechowego nie jest jednak jednoznaczne z ustaleniem rozpoznania, a wynik badania powinien być interpretowany w połączeniu z wywiadem, objawami klinicznymi i wynikami innych badań dodatkowych.

Liczne badania populacyjne potwierdziły wartość badania spirometrycznego w przesiewowym wykrywaniu upośledzenia czynności płuc u palaczy bez objawów chorobowych oraz u osób narażonych działanie toksycznych pyłów i gazów. Obecnie zaleca się, aby badanie spirometryczne było wykonywane przesiewowo u wszystkich aktualnych palaczy powyżej 45 r.ż. (>40 r.ż. wg Narodowego Programu Wczesnego Wykrywania POChP) oraz u wszystkich palących z jakimikolwiek objawami ze strony układu oddechowego (kaszel, odkrztuszanie, duszność wysiłkowa). W populacji polskiej wiek rozpoczęcia palenia jest bardzo niski, a grupę ryzyka tzn. palących przynajmniej paczkę papierosów dziennie szacuje się na około 10 mln osób. Wydaje się zatem, że u takich osób przesiewowe badania czynności płuc warto wykonywać wcześniej. Pozwoli to wcześniej i skuteczniej wykrywać POChP u młodych palaczy o długoletnim stażu np. w oparciu o roczny spadek $FEV_1 > 30 \text{ mL/rok}$. Pamiętać należy, że do jego wyliczenia uprawnia dopiero okres trzyletniej obserwacji.

Odrębną grupę wskazań stanowi ocena czynności płuc w przebiegu chorób pozapłucnych. Wiadomo, że u części chorych na choroby tkanki łącznej dochodzi do zajęcia układu oddechowego pod postacią śródmiąższowego włóknienia płuc, zajęcia opłucnej, usztywnienia klatki piersiowej czy upośledzenia sprawności mięśni poprzecznie prążkowanych, w tym także mięśni oddechowych. U tych chorych monitorowanie przebiegu choroby powinno obejmować także ocenę czynności układu oddechowego. W chorobach przebiegających z zaburzeniami przewodzenia nerwowo-mięśniowego, jak np. z. Guillain-Barre, miastenia, czy prowadzących do upośledzenia sprawności mięśni oddechowych, badanie spirometryczne winno być uwzględnione jako standard diagnostyczny. Choroby układu sercowo-naczyniowego, a zwłaszcza zastoinowa niewydolność krążenia mogą także

wpływać na czynność płuc i jako takie powinny stanowić wskazanie do badania spirometrycznego. Z drugiej strony monitorowanie zastoiny w krążeniu płucnym za pomocą spirometrii odgrywa jedynie pomocniczą rolę i nie zastępuje metod przyjętych i akceptowanych powszechnie.

Diagnostyka czynnościowa poprzedzająca interwencję chirurgiczną w obrębie klatki piersiowej, nie jest niestety w praktyce klinicznej stosowana rutynowo. Ocena czynności płuc przed zabiegiem operacyjnym stanowi jeden z kluczowych etapów kwalifikacji do resekcji mięszu płuc u chorych na raka płuca [5,6]. Kryteria kwalifikujące do postępowania operacyjnego, którego celem jest zmniejszenie objętości płuc u chorych na rozedmę (OZOP) obejmują także wskaźniki spirometryczne. Ponadto ocena czynności układu oddechowego jest obowiązkowym etapem postępowania przy ustaleniu wskazań do przeszczepu płuca.

Ocena ryzyka okołoperacyjnego przy operacjach pozapłucnych jest przeprowadzana rzadko i stanowczo niedoceniana. Wiadomo, że przebieg pooperacyjny u chorych obciążonych czynnikami ryzyka (przebyta czy przewlekła choroba płuc np. POChP, ekspozycja na czynniki toksyczne, kaszel, wykrztuszanie, duszność) bywa powikłany. Zapalenia płuc, w tym zachłystowe, niedodma czy niewydolność oddechowa zdarzają się w tych grupach pacjentów zdecydowanie częściej. Także palacze tytoniu, osoby ze zniekształceniem klatki piersiowej, znaczną otyłością oraz pacjenci w wieku podeszłym (>70 r.ż.) powinni podlegać wnikliwej ocenie czynności płuc przed podjęciem decyzji o operacji. Lokalizacja zabiegu operacyjnego np. w obrębie jamy brzusznej blisko przepony, długi czas trwania procedury (powyżej 2-3 godzin) oraz rodzaj stosowanego znieczulenia stanowią odrębne, niezależne czynniki ryzyka powikłań okołoperacyjnych i są także wskazaniem do wykonania spirometrii przed zabiegiem [7].

Rozpoczęcie aktywności sportowej, rekreacyjnej czy wyczynowej związanej ze znacznym wysiłkiem fizycznym i znacznie większą wentylacją jak np. sporty ekstremalne, nurkowanie, wspinaczka wysokogórska powinno być poprzedzone oceną czynności układu oddechowego i rezerw wentylacyjnych.

Wskazania do monitorowania

Wysoka powtarzalność testów czynnościowych i wyniki podane w postaci ilościowej sprawiają, że jest to znakomite narzędzie do monitorowania czynności płuc. Dzięki spirometrii mamy możliwość obiektywnego oszacowania postępu choroby

i wpływu na czynność układu oddechowego schorzeń płuc, układu krążenia oraz chorób o podłożu neurologicznym.

Ocena skuteczności leczenia to kolejne wskazanie do stosowania spirometrii. Najczęściej dotyczy to chorych na astmę oskrzelową i POChP i efektów stosowania leków rozkurczających oskrzela oraz przeciwzapalnych (także w chorobach śródmiąższowych). Pozwala także ocenić skuteczność innych form terapii jak np. antybiotykoterapia w mukowiscydozie czy ewakuacja płynu opłucnowego.

Postępowanie terapeutyczne może także wiązać się z objawami ubocznymi i uszkodzeniem układu oddechowego w przebiegu leczenia. Chorzy poddani terapii o znanym, potencjalnie uszkadzającym wpływie na układ oddechowy (np. amiodaron, bleomycyna, radioterapia) powinni być regularnie monitorowani za pomocą badania spirometrycznego.

Odrębną grupą pacjentów, która powinna być monitorowana za pomocą powtarzanego badania spirometrycznego są chorzy po przeszczepach narządów. Wiadomo, że w przebiegu pooperacyjnym po przeszczepach nerek i szpiku może dojść rozwoju zarostowego zapalenia oskrzelików, manifestującego się między innymi nieodwracalnym upośledzeniem przepływu przy małych objętościach płuc. Podobny obraz towarzyszy odrzucaniu przeszczepu zarówno płuc, jak i innych narządów.

2. SPIROMETRIA – PRZECIWSKAZANIA

Istnieją nieliczne sytuacje kliniczne, w których wykonywanie badania spirometrycznego jest przeciwwskazane. Są to z jednej strony ostre stany zagrażające życiu, w których wykonywanie manewru natężonego wydechu może zdecydowanie pogorszyć ich przebieg. Z drugiej strony należy pamiętać o sytuacjach, które mogą wpływać na wiarygodność wyniku np. ból po operacji w obrębie klatki piersiowej.

1. Przeciwwskazania bezwzględne

- tętniaki (zagrożenie pęknięciem tętniaka i krwotokiem przy zwiększonym ciśnieniu w klatce piersiowej),
- świeża operacja okulistyczna (np. operacja zaćmy),
- zwiększone ciśnienie wewnątrzczaszkowe,
- krwioplucie o nieznannej etiologii,
- odma opłucnowa,
- świeży (w okresie hospitalizacji) zawał mięśnia sercowego,
- świeży (w okresie hospitalizacji) udar oun.

2. Przeciwwskazania względne

- obecność stanu, który może wpłynąć na wiarygodność uzyskanych wyników (np. nudności, wymioty, stały kaszel),
- stan po operacji brzusznej lub w obrębie klatki piersiowej (ból pooperacyjny uniemożliwiający prawidłowe wykonanie manewrów oddechowych w czasie badania),
- zawroty głowy, zaburzenia rytmu serca,
- desaturacja znacznego stopnia przy przewodzeniu tlenoterapii na czas trwania badania.

Piśmiennictwo

1. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. Am.J.Respir.Crit Care Med. 1995, 152:1107-1136.
2. Evans SE, Scanlon PD: Current practice in pulmonary function testing. Mayo Clin. Proc. 2003, 78:758-763.
3. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. Edited by National Heart Lung and Blood Institute, NIH. NIH Publication No 02-3659, revised 2002, updated 2003 full text: www.ginasthma.com. 2003. 2002. Bethesda, Maryland Issued January 1995.
4. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Updated 2003: NHLBI/WHO Workshop. Edited by Global Strategy for

the Diagnosis COPD. (Based on an April 1998 NHLBI/WHO Workshop. Report originally published in April 2001 as NIH Publication Number 2701). 2003.

5. BTS guidelines: guidelines on the selection of patients with lung cancer for surgery. Thorax 2001, 56:89-108.
6. Wang JS: Pulmonary function tests in preoperative pulmonary evaluation. Respir. Med. 2004, 98:598-605.
7. Powell CA, Caplan CE: Pulmonary function tests in preoperative pulmonary evaluation. Clin. Chest Med. 2001, 22:703-14.

PROCEDURY WYKONYWANIA BADAŃ, AKCEPTOWALNOŚCI I POWTARZALNOŚCI POMIARÓW

Karol Gondorowicz, Zenon Siergiejko

Pneumonol. Alergol. Pol. 2004, 72, 16-18

1. Przygotowanie chorego do badania spirometrycznego

Wyniki pomiarów spirometrycznych u tej samej osoby wykazują wahania w ciągu doby, dlatego kolejne spirometrie, pozwalające ocenić wpływ choroby lub terapii, należy wykonywać w zbliżonych porach dnia.

Lekarz kierujący pacjenta na badanie spirometryczne powinien go poinformować, aby przed badaniem nie jadł obfitego posiłku, nie pił mocnej herbaty, kawy, czekolady czy coli, nie palił papierosów i jeśli to możliwe nie przyjmował leków mogących wpłynąć na wynik badania. Jeżeli takie leki przyjęto, w opisie badania powinny być wyszczególnione: nazwa leku, dawka i czas przyjęcia.

Przed badaniem należy odstawić na co najmniej:

8 godzin	krótkodziałające betamimetyki wziewne
12 godzin	krótco działające: teofilinę i doustne betamimetyki
24 godzin	długodziałające betamimetyki doustne, teofilina o przedłużonym działaniu (retard) leki antyleukotrienowe
48 godzin	betamimetyki długodziałające, teofilina o długotrwałym działaniu (long)
7 dni	tiotropium [1]

Badany powinien być również uprzedzony aby nie zakładał odzieży krępującej ruchy klatki piersiowej. Przed badaniem powinien odpocząć co najmniej 15 minut.

Zawsze należy zmierzyć wzrost badanego, a nie zadowalać się wartościami przez niego podawanymi. U osób po amputacji kończyn dolnych lub z dużym skrzywieniem kręgosłupa za miarę wzrostu przyjmujemy odległość między czubkami palców przy rozpostartych ramionach [2].

W pozycji stojącej uzyskuje się nieco większe wartości spirometryczne, ale ze względów bezpieczeństwa (obawa przed omdleniem) badanie przeprowadzamy zwykle w pozycji siedzącej. Odstęp-

stwo od tej reguły dotyczy osób ze zwiększonym obwodem brzucha (zaawansowana ciąża, znaczna otyłość lub wodobrzusze), u których badanie powinno być przeprowadzone na stojąco.

W czasie badania w pomieszczeniu nie powinny przebywać osoby postronne, gdyż ich obecność może pacjenta rozpraszać lub deprymować.

Niezwykle ważna jest współpraca z pacjentem i dlatego należy wytłumaczyć mu, na czym polega technika badania. W czasie badania należy energicznie, ale życzliwie dopingować go zarówno gestami, jak i głosem do odpowiedniego – maksymalnego i jak najszybszego wysiłku.

Przed rozpoczęciem badania zawsze należy sprawdzić czy badany włożył ustnik między zęby, a wargami szczelnie objął ustnik zapobiegając przeciekowi powietrza w czasie oddychania. Używając spirometrów ze sztywnym zamocowaniem ustnika należy tak dobrać jego wysokość, aby badany nie odchyłał, ani nie przyginał głowy. Jeśli ustnik jest połączony z ruchomym przewodem należy dopilnować by przy wydechu badany nie przyginał tułowia. Przy badaniu VC i MVV założenie klipsa na nos jest konieczne, natomiast przy pomiarze FVC zacisk na nos nie musi być zakładany [3].

2. Pojemność życiowa – VC

Zgodnie z definicją (str. 6), jest to objętość powietrza zawarta w płucach między najgłębszym wdechem (pozycja TLC), a najgłębszym wydechem (pozycja RV).

Po kilku spokojnych oddechach polecamy osobie badanej wykonać wolno i jednostajnie najgłębszy wydech i gdy krzywa wydechu wypłaszcza się (osiąga plateau) polecamy wykonać możliwie najgłębszy wdech, a po uzyskaniu plateau wdechowego spokojny wydech.

Badanie można również rozpocząć od najgłębszego spokojnego wdechu, po którym następuje powolny, najgłębszy wydech.

Istnieje jeszcze trzeci (nie zalecany) sposób pomiaru VC, dwuetapowy, kiedy po spokojnym oddychaniu następuje najgłębszy, powolny wydech

i następnie wdech do poziomu FRC. Po kilku oddechach następuje najgłębszy wdech. VC wyliczana jest jako suma pojemności wdechowej (IC) i zapasowej objętości wydechowej (ERV).

W czasie prawidłowo przeprowadzonego badania VC należy uzyskać co najmniej 2 poprawne pomiary, a przy braku powtarzalności nie wykonywać ich więcej niż 4. Najwyższą wartość należy uznać za wynik badania [4].

Kolejne pomiary wykonujemy po unormowaniu oddechu, ale nie wcześniej niż po 30 sekundach od zakończenia poprzedniego oznaczenia [3].

3. Badanie natężonego wydechu

W zależności od potrzeby i rodzaju spirometru badanie może dotyczyć samego natężonego wydechu, lub może być połączone z natężonym wdechem i wtedy otrzymujemy pełną pętlę przepływ – objętość.

Zakładamy badanemu zacisk na nos i po kilku spokojnych oddechach polecamy wykonać wolny, najgłębszy wydech, po którym ma nastąpić możliwie najszybszy i najgłębszy wdech. Po nim polecamy wykonać jak najgłębszy gwałtowny wydech kontynuowany możliwie jak najdłużej. Po uregulowaniu oddechu, nie wcześniej niż po 30 sekundach należy powtórzyć pomiar. Wymagane jest wykonanie co najmniej 3 poprawnych pomiarów, a przy braku powtarzalności nie więcej niż 8 [4,5].

Osoba prowadząca badanie powinna dopingować badanego do utrzymania natężonego wydechu, zwracając uwagę by go nie przerywał i kontynuował możliwie jak najdłużej, nawet gdy na podglądzie krzywej objętość – czas obserwuje się plateau lub na krzywej przepływ – objętość pozornie ustał przepływ. Nie zaleca się by osoba badana spoglądała na ekran monitora w czasie zapisu krzywej.

Kryteria poprawności badania

Przy ocenie poprawności pomiarów zwraca się uwagę na :

1. Kształt krzywych przepływ-objętość i objętość-czas
2. Prawidłowy początek wydechu
3. Właściwe zakończenie wydechu

Ad. 1

- bez artefaktów w czasie pierwszej sekundy
- maksymalny, jednostajny wysiłek wydechowy
- wypłaszczony koniec wydechu (płaska krzywa przepływ – objętość)

Ad. 2

- wstecznie ekstrapolowana objętość mniejsza niż 5% uzyskanego FVC lub 100 ml [5]

- czas do osiągnięcia PEF (Time to PEF – tPEF) nie przekracza 0.3s [3]

Ad. 3

- czas trwania natężonego wydechu – (FET) nie krótszy niż 6 sekund,
- na krzywej objętość/czas obserwuje się plateau (praktycznie nie ma zmiany objętości)
- przy braku plateau FET nie krótszy niż 15s [3,4,5]

U osób z restrykcją uzyskanie $FET \geq 6$ sek. może być trudne do osiągnięcia, o poprawności badania decyduje plateau na końcu krzywej.

U dzieci kryteria poprawności zakończenia wydechu są często niespełnialne.

Najczęstsze błędy

Najczęstsze błędy przy wykonywaniu badania spirometrycznego:

- nieprawdziwe dane badanego (płeć, wiek, wzrost, rasa)
- brak poinstruowania badanego o technice badania
- niewystarczająca zachęta do maksymalnego wysiłku
- nieszczelne objęcie ustnika i złe jego umiejscowienie
- przygryzanie ustnika, zatykanie ustnika językiem lub źle dopasowaną protezą zębową (wówczas lepiej wyjąć protezy)
- nieprawidłowa pozycja
- niepełny wydech
- zbyt wolny początek wydechu
- niewystarczający wysiłek wydechowy

4. Maksymalna wentylacja dowolna – MVV

Maksymalna wentylacja dowolna (MVV, patrz str. 8) jest to sumaryczna maksymalna wentylacja zmierzona w ciągu 12 s i przeliczona na wentylację minutową.

Po wykonaniu początkowo 5-10 spokojnych oddechów polecamy badanemu wykonanie w czasie 12 sekund jak najgłębszych wdechów i wydechów z częstotliwością wybraną przez niego albo narzuconą przez badającego. Najwyższe wartości są uzyskiwane przy częstotliwości 70 – 80/min.

Po uregulowaniu oddechów badanie należy dwukrotnie powtórzyć, a za zmierzoną przyjąć wartość najwyższą. Badanie jest obecnie rzadko wykonywane ze względu na niezbyt dobrą tolerancję przez badanych i umiarkowaną powtarzalność, a dodatkowo ze względu na słabą korelację ze zdolnością do wysiłku.

5. Kryteria powtarzalności

Pomiar VC – należy wykonać 2 do 4 poprawnych pomiarów. Pomiary są powtarzalne kiedy różnica pomiędzy dwoma największymi wartościami VC jest nie większa niż 200mL.

Pomiar krzywej przepływ – objętość należy wykonać poprawnie pomiary co najmniej 3 razy. Są one powtarzalne jeśli dwie najwyższe wartości FVC nie różnią się między sobą o więcej niż 200 mL i również dwie najwyższe wartości FEV₁ nie różnią się między sobą o więcej niż 200 mL [4]. Wynikiem pomiaru są wartości maksymalne FEV₁ i FVC, które nie muszą być uzyskane w tych samych próbach.

Komentarz

Niekiedy powtarzalność wykonywanych badań określa się w stopniach skali A-E [6]:

- A. Dwie najwyższe wartości FEV₁ i dwie najwyższe wartości FVC spośród co najmniej 3 poprawnych pomiarów nie różnią się o więcej niż 100 ml
- B. Dwie najwyższe wartości FEV₁ i dwie najwyższe wartości FVC spośród co najmniej 3 poprawnych pomiarów nie różnią się między 101 a 150 ml.
- C. Dwie najwyższe wartości FEV₁ i dwie najwyższe wartości FVC spośród co najmniej 3 poprawnych pomiarów nie różnią się między 151 a 200 ml.
- D. Uzyskano tylko jeden poprawny pomiar lub więcej, ale różnice między dwoma najwyższymi pomiarami FEV₁ i FVC są większe niż 200 ml.
- E. Nie uzyskano żadnego poprawnego pomiaru

Piśmiennictwo

1. Guidelines for metacholin and exercise challenge testing – 1999. Am J. Respir. Crit Care Med. 2000;161:309-329
2. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am. Rev. Respir. Dis. 1991; 144: 1202-18
3. Guidelines for the measurement of respiratory function. Recommendation of the British Thoracic Society and the Association of Respiratory Technicians and Physiologists. Respir. Med. 1994; 88: 165-94

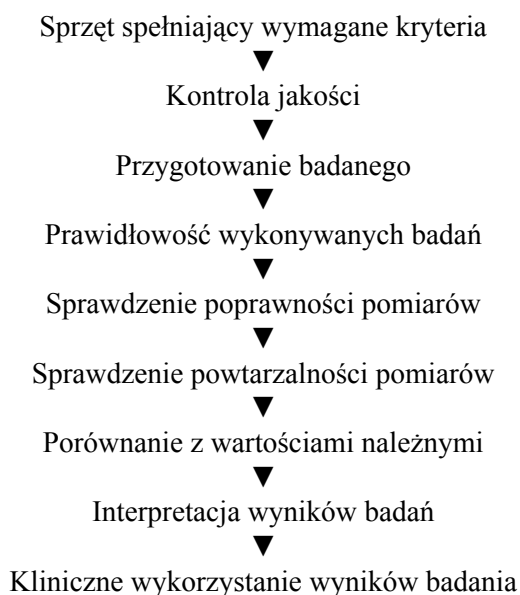
Powtarzalność MVV w granicach 10% należy uznać za satysfakcjonującą.

W szczególnych przypadkach, u osób z dużą nadreaktywnością oskrzeli w każdej następnej próbie uzyskuje się coraz gorsze wyniki ponieważ występuje skurcz oskrzeli wywołany badaniem (Spirometry Induced Asthma).

Kryteria poprawności wykonania należy postawić przed kryteriami powtarzalności.

Badanie spirometryczne będzie w pełni wiarygodne dopiero wówczas gdy poprawnie przeprowadzone będą wszystkie etapy wymienione na poniższym schemacie:

Etapy prawidłowego badania spirometrycznego:



4. Standardization of spirometry. 1994; Update Am. J. Respir. Crit Care Med. 1995; 152:1107-1136
5. Quanjer Ph. H., Tammeling GJ, Cotes JE., Pedersen OF., Peslin R., Yernault JC.: Lung volumes and forced ventilatory flows. Eur. Respir. J. 1993, 6, suppl 16, 5-40.
6. Ferguson GT., Enright PL., Buist AS., Higgins MW., Office spirometry for lung health assessment in adults: A consensus statement from the National Lung Health Education Program. Chest 200;117: 1146-61.

ZASADY INTERPRETACJI WYNIKÓW BADANIA SPIROMETRYCZNEGO

Piotr Boros, Monika Franczuk, Stefan Wesołowski

Pneumonol. Alergol. Pol. 2004, 72, 19-28

1. Zasady ogólne

Przed przystąpieniem do interpretacji uzyskanych wyników zasadą powinno być sprawdzenie podstawowych wskaźników świadczących o poprawności technicznej badania (ilość wykonanych manewrów, powtarzalność, TPEF, FET) – patrz rozdział dotyczący procedur. Nie powinno się także oceniać wyników, co do których nie ma pewności, że uzyskano zadowalający stopień powtarzalności (D i F w skali wg NLHEP) [1]. Wynik powinien zawierać także wszelkie informacje dotyczące sytuacji mogących mieć wpływ na uzyskane dane (wysiłek fizyczny przed badaniem, posiłek, współpraca podczas badania, przyjęte leki itp.). W celu możliwie najpełniejszej i wiarygodnej interpretacji wyniki liczbowe powinny być zilustrowane wykresami dotyczącymi badania (najlepiej dwa: przepływ-objętość i objętość-czas).

2. Wartości należne i zakres normy

Uzyskane wyniki badania w wartościach absolutnych w celu interpretacji porównuje się z wartościami należnymi. Wartości należne są to hipotetyczne wartości poszczególnych parametrów wyliczane w oparciu o dane antropometryczne, takie jak wiek, wzrost i płeć (nieliczne uwzględniają wagę). Najczęściej stosowane i zalecane wartości należne opublikowane zostały w 1993 r. w oficjalnym stanowisku grupy ekspertów ERS, zawartym w suplemencie do European Respiratory Journal [2]. Istnieje wiele innych publikowanych źródeł dla wartości należnych, które można także stosować [3-9]. Zaleca się także, aby na wyniku badania znajdowała się informacja dotycząca źródła zastosowanych wartości należnych. Wydaje się celowe, aby stosowane należne były jednolite dla wszystkich mierzonych i wyliczanych wskaźników. W przypadkach, gdzie nie jest to możliwe (np. zalecenie ERS nie podają należnej dla FEV1%FVC) można użyć innych, jednak ze wskazaniem na wykorzystane źródło.

Należy także zwrócić uwagę na fakt, że stosowane wartości należne odnoszą się do populacji

o określonych: wieku, wzroście i grupie etnicznej (np. zalecane przez ERS odpowiednio: rasa biała, 18-70 lat, wzrost u mężczyzn 155-195 cm, u kobiet 145-180 cm). Dlatego trzeba zachować ostrożność i uwagę przy interpretacji wyników z pogranicza obszarów (np. osoby w wieku 17-18 lat), gdzie mogą mieć zastosowanie różne wartości należne. Ze względu na niewielkie zmiany w czynności płuc u młodych dorosłych pomiędzy 18 a 25 r.ż. zalecane jest stosowanie wartości 25 lat do wyliczenia należnych dla badanych w tym okresie życia [2]. Dla innych grup etnicznych można stosować współczynniki korygujące, lub lepiej adekwatne należne. W przypadku konieczności ekstrapolacji należnych (np. wyliczenie należnych dla osób w wieku 80 lat) na wyniku powinna znajdować się informacja o tym fakcie. O ile to możliwe, zaleca się stosowanie należnych określonych dla populacji, z której pochodzi badana osoba.

Wartości należne wyliczane są na podstawie równań, najczęściej liniowych, z kilkoma zmiennymi, co nie jest całkowicie zgodne np. z historią naturalną FEV1 u człowieka (spadek z wiekiem nie ma charakteru liniowego) [9-11]. Zastosowanie wspomnianych równań pozwala jednak na dość bliskie przybliżenie wyliczonych wartości należnych do średnich ze zdrowej populacji rzeczywistej. Oprócz równań znajdują się tam wartości RSD (residual standard deviation) pozwalające na określenie stopnia rozrzutu i tzw. 90% przedziałów ufności dla każdego z parametrów w populacji referencyjnej.

W tym miejscu wymaga podkreślenia różnica pomiędzy pojęciami „wartości należnej”, która jest konkretną liczbą (wartość punktową) a „normą” będącą zakresem liczbowym o określonym statystycznie znaczeniu. Zakres normy w ujęciu statystycznym należy traktować jako przedział, w którym mieszczą się wyniki 90% „zdrowej” populacji. Wartość należna zaś znajduje się dokładnie w środku przedziału normy. Wynika to z faktu, że większość mierzonych parametrów w badaniu spirometrycznym w populacji „zdrowej” ma rozkład zbliżony do normalnego.

Poniżej przedstawiono tabelę IV zawierającą wzory pozwalające na obliczenie wartości należnych między innymi wskaźników spirometrycznych [2]. Warto zwrócić uwagę na fakt, że wskaźniki relatywizujące objętości ($FEV_1\%VC$, $RV\%TLC$, $FRC\%TLC$) zależą wyłącznie od wieku, zaś TLC tylko od wzrostu.

Tabela IV. Wzory do obliczenia wartości należnych oraz wartości RSD. Dla wieku z przedziału 18-25 zaleca się należną jak dla wieku 25 lat (H – wzrost w metrach, A – wiek w latach)

wskaźnik	miano	wzór	RSD
dla mężczyzn			
VC	L	$6.10H - 0.028A - 4.65$	0.56
FVC	L	$5.76H - 0.026A - 4.34$	0.61
TLC	L	$7.99H - 7.08$	0.70
RV	L	$1.31H + 0.022A - 1.23$	0.41
FRC	L	$2.34H + 0.009A - 1.09$	0.6
$RV\%TLC$	%	$0.39A + 13.96$	5.46
$FRC\%TLC$	%	$0.21A + 43.8$	6.74
FEV_1	L	$4.30H - 0.029A - 2.49$	0.51
$FEV_1\%VC$	%	$-0.18A + 87.21$	7.17
FEF_{25-75}	L/s	$1.94H - 0.043A + 2.70$	1.04
PEF	L/s	$6.14H - 0.043A + 0.15$	1.21
MEF_{75}	L/s	$5.46H - 0.029A - 0.47$	1.71
MEF_{50}	L/s	$3.79H - 0.031A - 0.35$	1.32
MEF_{25}	L/s	$2.61H - 0.026A - 1.34$	0.78
dla kobiet:			
VC	L	$4.66H - 0.026A - 3.28$	0.42
FVC	L	$4.43H - 0.026A - 2.89$	0.43
TLC	L	$6.60H - 5.79$	0.60
RV	L	$1.81H + 0.016A - 2.00$	0.35
FRC	L	$2.24H + 0.001A - 1.00$	0.50
$RV\%TLC$	%	$0.34A + 18.96$	5.83
$FRC\%TLC$	%	$0.16A + 45.1$	5.93
FEV_1	L	$3.95H - 0.025A - 2.60$	0.38
$FEV_1\%VC$	%	$-0.19A + 89.10$	6.51
FEF_{25-75}	L/s	$1.25H - 0.034A + 2.92$	0.85
PEF	L/s	$5.50H - 0.030A - 1.11$	0.90
MEF_{75}	L/s	$3.22H - 0.025A + 1.60$	1.35
MEF_{50}	L/s	$2.45H - 0.025A + 1.16$	1.10
MEF_{25}	L/s	$1.05H - 0.025A + 1.11$	0.69

Inne szeroko stosowane należne proponowane są przez Hankinsona i wsp. [12]. Zawierają one należne na wskaźniki $FEV_1\%FVC$ i $FEV_1\%FEV_6$ (stosowane czasem w badaniach przesiewowych), które co warte podkreślenia, także zależą wyłącznie od wieku. Uwzględniają one także nieliniowy charakter zmian parametrów z wiekiem.

Najbardziej aktualne dane dotyczące należnych wartości dla podstawowych wskaźników spirome-

trycznych opublikowano w odniesieniu do populacji białej w Anglii [9]. Powstały one na bazie największej dotychczas przebadanej populacji ludzi zdrowych o najszerszym zakresie wiekowym (16-94 lat). Poza tym uwzględniają nieliniowy charakter dynamiki zmian parametrów spirometrycznych oraz zmienność zakresu normy w zależności od wieku. Wykazują także najlepsze dopasowanie granic normy do rzeczywistej wartości piątego percentyla w populacji zdrowej w Anglii. Ich wadą jest to, że odnoszą się wyłącznie do FEV_1 , FVC i $FEV_1\%FVC$.

Trzeba pamiętać o tym, że najczęściej dotychczas używane należne proponowane przez ERS (nie zmieniane od ponad 20 lat) w związku ze zjawiskiem akceleracji nie są w pełni reprezentatywne dla populacji polskiej. Wykazują one także brak spójności wyrażający się np. niezgodnością relacji pomiędzy należnymi (należna RV + należna $VC \neq$ należna TLC).

Aktualnie w Polsce brak jest dobrze udokumentowanych badań obejmujących szeroką wiekową grupę zdrowych ludzi. Wobec czego zaleca się używanie wspomnianego powyżej zestawu należnych wg ERS lub wg Falaschetti'ego dla FEV_1 , FVC i $FEV_1\%FVC$ oraz wg ERS na pozostałe wskaźniki. Pamiętać należy o tym, że może to prowadzić do pewnych niespójności (np. porównywanie FVC i VC , czy wskaźników $FEV_1\%FVC$ i $FEV_1\%VC_{max}$). Dla populacji dziecięcej w wieku 7-18 lat zaleca się stosowanie dobrze udokumentowanych należnych opracowanych w IGiChP w Rabce – patrz rozdział dotyczący odrębności u dzieci.

Podsumowanie:

1. Zestaw wartości należnych powinien być dostosowany do badanej populacji (rasa, grupa wiekowa, obszar zamieszkiwania).

2. Obecnie zaleca się stosowanie należnych:

- wg ERS [2] lub
- dla FEV_1 , FVC i $FEV_1\%FVC$ wg Falaschetti i wsp [9]. Pozostałe wskaźniki wg zaleceń ERS [2].

3. Sposób prezentacji uzyskanych wyników

Najczęściej stosowanym sposobem porównywania wyników jest prezentacja zmierzonej wartości w formie procentu wartości należnej. Zaletą tego sposobu jest jego prostota, ale ma on także liczne wady. Metoda ta uzależnia w sposób istotny wielkość zakresu uznawanego za normalny od wartości należnej i z powodzeniem może być stosowana

w odniesieniu do dzieci, gdzie rozrzut wyników jest w pewnej mierze proporcjonalny do stopnia rozwoju układu oddechowego [13,14]. Pamiętać jednak trzeba, że w tej populacji rozrzut nie jest symetryczny i inną wartość procentową należy odjąć dla uzyskania dolnej granicy normy, a inną dodać dla uzyskania górnej granicy normy [14].

U dorosłych stosowanie granic zakresu normy wynikających z przyjęcia „sztywnych” wartości procentowych (np. $\pm 20\%$) skutkuje tym, że szerokość normy u dorosłych osób młodych i wysokich jest znacznie większa niż u osób starszych i niskich. Nie jest to zgodne z obserwacjami o charakterze epidemiologicznym, gdyż rozrzut dla konkretnych wskaźników w dorosłej populacji zdrowej jest stały dla danej płci i niezależny od wieku i wzrostu [3,15,16]. Ostatnio publikowane doniesienia wskazują na to, że rozrzut w populacji zdrowej wręcz rośnie z wiekiem [9]. Inną konsekwencją takiego sposobu określania granic normy jest różne przewidywane tempo fizjologicznego spadku wartości z wiekiem u osób z wyjściowo znacznie odbiegającymi od średniej wartościami wskaźników. Kolejną niedogodnością jest to, że dla różnych wskaźników szerokość granic normy wyrażana jako % należnej ma różną wartość (np. wskaźniki objętościowe ok. $\pm 20\%$, MEF50 ok. $\pm 40\%$, FEV1%VC ok. $\pm 12\%$).

Wygodne i warte stosowania jest przedstawianie odchylenia uzyskanego wyniku od wartości należnej w postaci liczby standaryzowanych reszt (SR z ang. standardized residual lub SDS z ang. standard deviation score – liczba odchylen standardowych). Sposób wyliczania SR obrazuje równanie:

$$SR (SDS) = \frac{X(\text{obs.}) - X(\text{nal.})}{RDS}$$

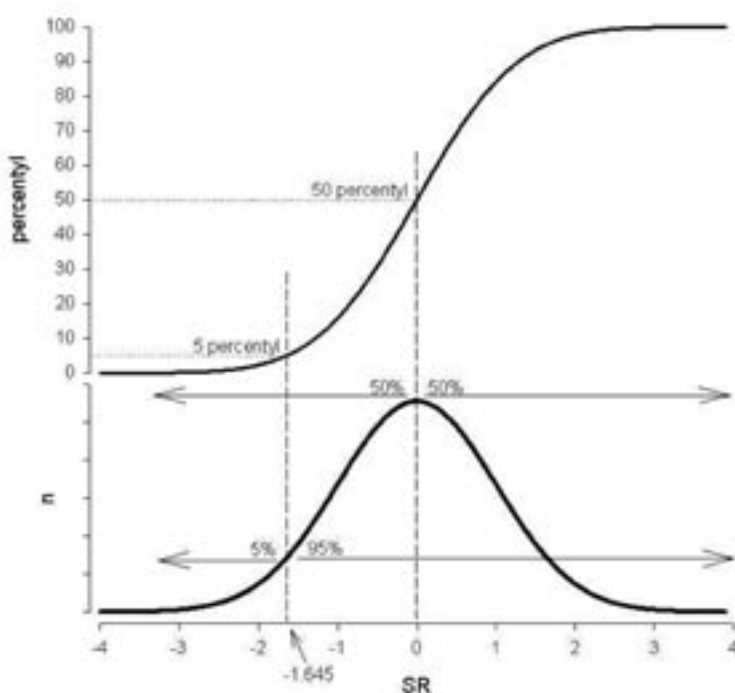
gdzie: SR – liczba standaryzowanych reszt

x(obs.) – wartość obserwowana

x(nal.) – wartość należna

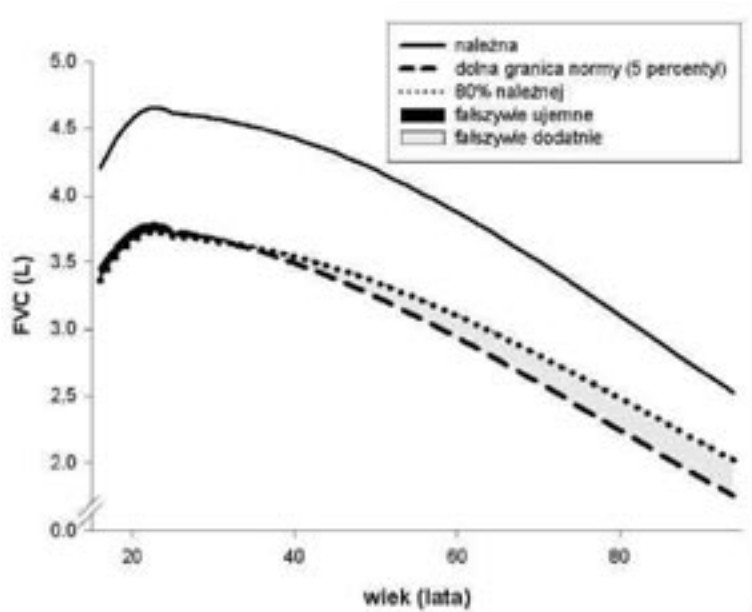
RSD – resztowe odchylenie standardowe

Tak przedstawiona różnica pomiędzy uzyskanym wynikiem a wartością należną jest niezależna od tej drugiej (inaczej niż przy % należnej). Poza tym wartość SR pozwala na łatwe określenie prawdopodobieństwa wystąpienia takiego wyniku w populacji referencyjnej (zakładając rozkład normalny). Przy pomocy funkcji skumulowanego prawdopodobieństwa dla rozkładu normalnego można obliczyć percentyl odpowiadający danemu odchyleniu od wartości należnej. Innymi słowy metoda ta obrazuje rzeczywistą pozycję badanego na tle populacji referencyjnej [2,17]. Wynik wyrażony w percentylach mówi, jaki procent populacji zdrowej (odpowiadającej płcią, wiekiem i wzrostem) ma wyniki mniejsze niż badany osobnik (np. 50 percentyl oznacza, że wynik badanego osobnika reprezentuje dokładnie średnią wartość dla populacji zdrowej).



Ryc. 6 Zależności między wynikiem przedstawionym jako SR a odpowiadającym mu percentylem (% na rycine odnoszą się do populacji referencyjnej).

Klasyfikacja uzyskanych wyników przy pomocy tej metody pozwala na zastosowanie zadanych poziomów ufności. I tak np. $SR = -1.645$ oznacza wynik na poziomie 5 percentyla, zaś $SR = -1.96$ odpowiada poziomowi 3 percentyla. Ogólnie przyjętą i akceptowaną wartością graniczną kwalifikującą wynik jako „poza normą” jest wielkość 5 percentyla odpowiadająca $SR = -1.645$ lub 95 percentyla ($SR = 1.645$) przy założeniu rozkładu normalnego. Owocuje to wprawdzie 5% ryzykiem wystąpienia wyników fałszywie dodatnich, jednak ryzyko to jest powszechnie akceptowalne. Szerszą granicę normy stosuje się u dzieci (3 – 97 percentyl, $SR \pm 1.96$) Ryc. 7 obrazuje jak znacznie różni się rzeczywista dolna granica normy od 80% należącej (dla FVC u mężczyzn o wzroście 180 cm wg Falaschetti i wsp.) [9].



Ryc. 7 FVC: wartość należąca, rzeczywista dolna granica normy i 80% należącej dla mężczyzn o wzroście 180 cm (wg Falaschetti i wsp.)

Jeszcze jedną zaletą takiego sposobu prezentacji jest możliwość zindywidualizowania granic przedziału normy dla każdego pacjenta. Sposób ten pozwala także na uniknięcie błędnej interpretacji wyników, które oscylują w okolicy sztywnej granicy procentowej, zwłaszcza u badanych w skrajnych przedziałach wiekowych (ludzie bardzo młodzi lub w wieku podeszłym) lub ze znacząco odbiegającym od średniego wzrostem [18].

Tego typu prezentacja uznana jest jako „złoty standard” w badaniach o charakterze epidemiologicznym oraz zalecana przez towarzystwa naukowe takie jak ATS, ERS i BTS [2,16,17,19]. Tak więc w układzie tabeli z wynikami w celu możliwości

pełnej oceny powinno znajdować się sześć kolumn: nazwa wskaźnika, wartość zmierzona, wartość należąca, % wartości należącej, standaryzowana reszta (SR), oraz percentyl.

Podsumowanie:

1. Granice przedziału normy powinny być definiowane na poziomie wartości odpowiadających 5 i 95 percentylowi (u dzieci 3 i 97 percentyl). W przypadku rozkładu bliskiego normalnemu (Gausa) wartości 5 i 95 percentyla mogą być wyliczone na podstawie RSD (SEE).

2. Granice normy wyznaczone są arbitralnie na podstawie rachunku prawdopodobieństwa i dopuszczają pewien margines błędu, wobec czego wyniki graniczne powinny być interpretowane z dużą ostrożnością.

3. Nie zaleca się stosowania wartości odpowiadającej 80% należącej jako dolnej granicy normy. Prowadzi to do znacznych błędów, zwłaszcza w populacji ludzi starszych oraz w odniesieniu do wskaźników o znacznej wariancji w populacji (np. MEF_{75-25} , MEF_{50})

4. Rozpoznawanie zaburzeń czynnościowych układu oddechowego

4.1 Obturacja

Obturacja definiowana jest jako ograniczenie przepływu powietrza przez drogi oddechowe. Zjawisko to skutkuje zmniejszeniem maksymalnych wartości przepływu oraz objętości powietrza w jednostce czasu podczas natężonego wydechu w proporcji do pojemności życiowej.

Z punktu widzenia patofizjologii obturacja definiowana jest jako zmniejszenie wskaźnika Tif-

feneau czyli $FEV_1\%VC_{max}$ poniżej dolnej granicy normy (5 percentyla) wyliczonej na podstawie odpowiedniej dla wieku wartości należnej i znanej wariancji w populacji, gdzie VC_{max} jest maksymalną pojemnością życiową zmierzoną w którymkolwiek z manewrów oddechowych (VC lub FVC).

Podkreślenia wymaga fakt, że $FEV_1\%VC_{max}$ jest najczulszym spośród wszystkich wskaźników obturacji obliczanych w oparciu o FEV_1 . Wynika to z matematycznej relacji pomiędzy tymi wskaźnikami:

ponieważ:

$$VC_{max} \geq FVC \geq FEV_6,$$

wobec tego:

$$FEV_1\%VC_{max} \leq FEV_1\%FVC \leq FEV_1\%FEV_6,$$

a zatem:

$$\begin{aligned} \text{czułość } FEV_1\%VC_{max} &\geq \text{czułość } FEV_1\%FVC \\ &\geq \text{czułość } FEV_1\%FEV_6 \end{aligned}$$

Warto zwrócić uwagę także na to, że wg zaleceń ERS i danych przedstawionych przez Hankinsona wartość należna wskaźnika $FEV_1\%VC_{max}$ (lub $FEV_1\%FVC$) nie zależy od wzrostu, a jedynie od wieku, oraz nie jest wyliczana jako iloraz należnych FEV_1 i VC_{max} (lub FVC) [2,12].

Zalecenia GOLD proponują do rozpoznawania obturacji kryterium obniżenia wskaźnika $FEV_1\%FVC$ poniżej wartości 0.7 (70%) [20]. Należy podkreślić, że jest to metoda uproszczona i obarczona błędami. Przyjęcie stałej wartości dolnej granicy normy dla tego wskaźnika jest sprzeczne z fizjologią układu oddechowego. Skutkuje to fałszywie ujemnymi wynikami w grupie ludzi młodych, gdzie np. wg ERS należy oscyluje około 82-84%

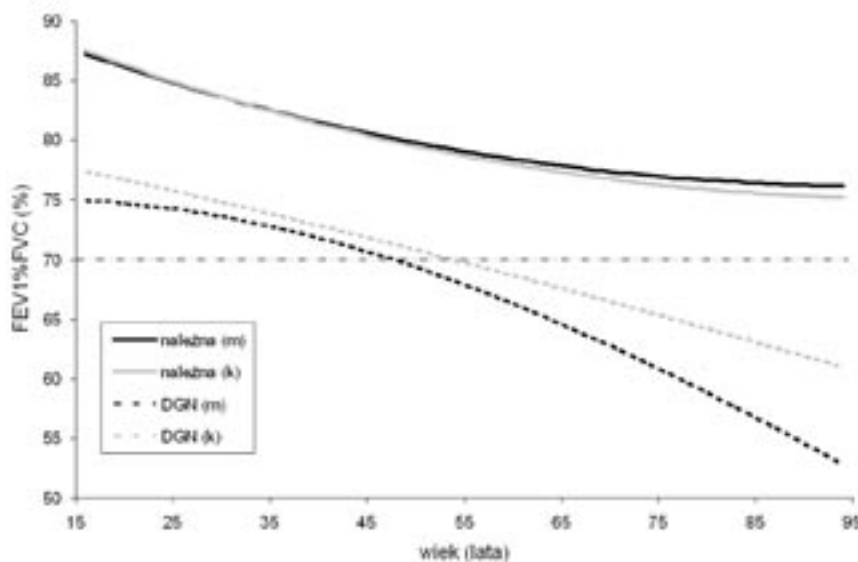
a dolna granica normy wynosi ok. 71-73%, oraz fałszywie dodatnimi wynikami u ludzi starszych (należy 75-76%, dolna granica normy 63-66%) [2]. W przypadku zastosowania bardziej aktualnych należnych angielskich dolna granica normy dla ludzi młodych jest jeszcze wyższa, gdyż wynosi około 75%, zaś w przedziale osób w wieku starszym znajduje się nawet poniżej 65% (Ryc. 8) [9].

Po rozpoznaniu obturacji, następnym krokiem powinna być ocena stopnia zaburzeń. Powszechnie akceptowanym sposobem określania stopnia zaburzeń jest klasyfikacja oparta na względnej wartości FEV_1 wyrażonej jako % należnej. Dotychczas powszechnie stosowane podziały dotyczą stopni ciężkości choroby, a nie zjawiska obturacji. I tak dla POChP zgodnie z zaleceniami PTFP i GOLD wyróżnia się 3 wartości progowe (80%, 50% i 30% wartości należnej), zaś w astmie wg GINA są 2 progi (80% i 60% wartości należnej) [21,22]. Niezależny od rozpoznania sposób klasyfikacji proponuje ATS (tabela V) [16].

Tabela V Stopniowanie ciężkości obturacji w zależności od FEV_1

	zaburzenie
Jeżeli $FEV_1\%VC_{max} < DGN$ i	
$FEV_1 \geq 100\%$ nal.	może być fizjologiczne
$70\% \text{ nal.} \leq FEV_1 < 100\% \text{ nal.}$	łagodne
$60\% \text{ nal.} \leq FEV_1 < 70\% \text{ nal.}$	umiarkowane
$50\% \text{ nal.} \leq FEV_1 < 60\% \text{ nal.}$	umiarkowanie ciężkie
$34\% \text{ nal.} \leq FEV_1 < 50\% \text{ nal.}$	ciężkie
$FEV_1 < 34\% \text{ nal.}$	bardzo ciężkie

DGN – dolna granica normy



Ryc. 8 $FEV_1\%FVC$, należna i dolna granica normy (DGN) u mężczyzn (m) i kobiet (k) wg Falaschetti i wsp.

Tak więc obniżenie wskaźnika $FEV_1\%VC_{max}$ i FEV_1 na poziomie 55% wartości należnej w zależności od rozpoznania uzasadnia opisanie: astmy ciężkiej, umiarkowanego POChP lub umiarkowanie ciężkiej obturacji np. w sarkoidozie.

Z punktu widzenia praktyki klinicznej słuszne wydaje się uproszczenie klasyfikowania obturacji. W chorobach innych niż POChP i astma można także zastosować skalę z progami i określeniami stopnia obturacji jak w POChP.

Trzeba także pamiętać, że taki sposób klasyfikowania wyników uzależnia stopień ciężkości choroby od wskaźników objętościowych. W przypadku współistnienia zaburzeń restrykcyjnych i obturacyjnych obniżenie względnej wartości FEV_1 nie jest wynikiem wyłącznie obturacji, ale wynika także z restrykcji. Z tego względu najlepiej byłoby oceniać nasilenie zjawiska obturacji na podstawie stopnia obniżenia wskaźnika $FEV_1\%VC_{max}$. Proponowane progi to SR = 2.45 i 4 (Quanjer Ph., <http://www.spirixpert.com>). Ten sposób nie jest zalecany przez towarzystwa naukowe w odniesieniu do jakiegokolwiek jednostki chorobowej.

Podsumowanie:

1. Referencyjną metodą rozpoznawania obturacji jest analiza wskaźnika Tiffeneau $FEV_1\%VC_{max}$, gdzie VC_{max} jest maksymalną zmierzoną pojemnością życiową (najczęściej jako SVC lub IVC). W celu obliczenia wskaźnika Tiffeneau konieczne jest użycie wartości VC – patrz rozdział dotyczący definicji i procedur. Możliwa jest sytuacja, że $VC=FVC$, ale wymaga to potwierdzenia w badaniu. Dolna granica normy równa jest wartości należnej pomniejszonej o wartość 1.645RSD.
2. Analiza wskaźników $FEV_1\%FVC$ i $FEV_1\%FEV_6$ może być wykorzystana do rozpoznawania obturacji w przypadku braku możliwości wykonania pełnej spirometrii. Dolna granica normy równa jest wartości należnej pomniejszonej o wartość 1.645RSD. Wyniki z obszaru granicznego powinny być weryfikowane pełnym badaniem spirometrycznym. Zaletą metody jest to, że wykorzystuje analizę wyłącznie natężonego wydechu. Jednak jej stosowanie powinno być ograniczone do badań o charakterze przesiewowym lub monitorowania rozpoznanej już choroby.
3. Wartość 0.7 (70%) wskaźnika $FEV_1\%FVC$ nie jest rzeczywistą dolną granicą normy i może mieć zastosowanie wyłącznie jako kryterium w badaniach przesiewowych lub kwalifikujące do dalszej diagnostyki.

4. Klasyfikacja stopnia zaburzeń obturacyjnych wykorzystuje względną wartość FEV_1 i zależy od rozpoznania. W przypadkach o nieustalonym rozpoznaniu można stosować przedziały jak w POChP lub podane w tabeli V.

4.2 Restrykcja

Restrykcja z patofizjologicznego punktu widzenia definiowana jest jako zmniejszenie całkowitej pojemności płuc (TLC) poniżej dolnej granicy normy.

Obniżenie pojemności życiowej (VC) nie wystarcza do rozpoznania, ani prawidłowa jej wartość nie wyklucza rozpoznania restrykcji objętościowej [23-25]. Wynika z tego, że na podstawie badania spirometrycznego (nie mierzy TLC), nie da się w sposób pewny rozpoznać ani wykluczyć restrykcji. Można jedynie na podstawie obniżonej pojemności życiowej przy braku cech obturacji sugerować tego typu zmiany [16]. W przypadku braku możliwości pomiaru TLC dopuszcza się klasyfikowanie stopnia upośledzenia VC z zastrzeżeniem, że nie jest to jednoznaczne z rozpoznaniem restrykcji (tabela VI) [16].

Tabela VI. Klasyfikacja zaburzeń restrykcyjnych

TLC niezależnie od $FEV_1\%VC_{max}$	zaburzenie
70% nal. \leq TLC < DGN	łagodne
60% nal. \leq TLC < 70% nal.	umiarkowane
TLC < 60% nal.	ciężkie
VC jeśli $FEV_1\%VC_{max}$ w normie	
70% nal. \leq VC < DGN	łagodne
60% nal. \leq VC < 70% nal.	umiarkowane
50% nal. \leq VC < 60% nal.	umiarkowanie ciężkie
34% nal. \leq VC < 50% nal.	ciężkie
VC < 34% nal.	bardzo ciężkie

DGN – dolna granica normy

Interpretując badanie spirometryczne należy pamiętać, że prawidłowe wartości wskaźników objętościowych nie wykluczają możliwości istnienia zaburzeń czynnościowych dotyczących właściwości mechanicznych (np. podatności statycznej) czy procesu dyfuzji przez barierę pęcherzykowo-włośniczkową (np. zdolność dyfuzyjna płuc dla tlenu węgla). W praktyce oznacza to, że w przypadku podejrzenia choroby o charakterze restrykcyjnym należy skierować chorego do ośrodka referencyjnego dysponującego możliwościami wykonania takich badań, mimo prawidłowych wyników badania spirometrycznego.

Podsumowanie:

1. Referencyjną metodą służącą rozpoznawaniu restrykcji jest pletyzmograficzne oznaczanie całkowitej pojemności płuc (TLC). Dolna granica normy równa jest wartości należnej pomniejszonej o wartość 1.645RSD.
2. Zmniejszenie VC poniżej dolnej granicy normy przy prawidłowej wartości wskaźnika $FEV_1\%VC_{max}$ może sugerować istnienie zmian restrykcyjnych. W celu uzyskania pewności co do przyczyny zmniejszenia VC wymagana jest weryfikacja metodą referencyjną.
3. Współistnienie obniżonej wartości (F)VC i cech obturacji – patrz pkt 4.4

4. Zaburzenia przepływu przy małych objętościach płuc

Zmiany obturacyjne mogą przejawiać się zmniejszeniem przepływu powietrza w końcowej fazie wydechu, co nie zawsze znajduje odzwierciedlenie w wielkości FEV_1 czy FVC. Skutkiem tego są zaburzenia maksymalnych przepływów wydechowych zwłaszcza przy małych objętościach płuc (MEF_{50} , MEF_{25}) lub maksymalnego przepływu środkowego (MEF_{75-25}). Ponieważ zmiany te są niespecyficzne, a wariancja tych wskaźników w populacji zdrowej jest bardzo duża, ich obniżenie nie stanowi podstawy do rozpoznania patologii w przypadku prawidłowych pozostałych wyników [26]. Niskie wartości tych wskaźników powinny skłaniać do częstszego wykonywania spirometrii. Z uwagi na wspomnianą dużą zmienność w populacji w przypadku analizy tych wskaźników szczególnie godna polecenia jest metoda określania dolnej granicy normy przy pomocy wartości SR a nie % należnej. Dla przykładu dolna granica normy (wg ERS) MEF_{50} dla mężczyzny w wieku 25 lat i wzroście 190 cm to ok. 65% należnej, podczas gdy dla mężczyzny w wieku lat 70 i wzroście 170 cm wynosi ona ok. 45% należnej. Ze względu na fakt, że wielkość maksymalnego przepływu jest uzależniona od aktualnej objętości płuc, nie jest możliwa wiarygodna interpretacja tych wskaźników, jeśli istnieją wątpliwości co do zaburzeń objętościowych.

Podsumowanie:

1. Interpretacja wartości wskaźników maksymalnych przepływów ($MEF_{75, 50, 25}$) i MEF_{75-25} ma miejsce tylko w przypadku braku cech obturacji i restrykcji.

2. Dolna granica normy równa jest wartości należnej pomniejszonej o wartość 1.645RSD. Nie należy stosować % wartości należnej.
3. Nie stopniuje się zaburzeń maksymalnych przepływów w przypadku prawidłowej wartości FEV_1 i $FEV_1\%VC_{max}$.
4. Występowanie izolowanych zaburzeń maksymalnych przepływów nie jest podstawą do rozpoznawania zaburzeń obturacyjnych, ale może być użyteczne klinicznie.

4.3 Współistnienie obturacji i restrykcji

Podstawowym kryterium rozpoznania obturacji jest obniżenie wskaźnika $FEV_1\%VC_{max}$, a restrykcji zmniejszenie całkowitej pojemności płuc (TLC). W większości podręczników chorób płuc i publikacji dotyczących interpretacji badań czynnościowych układu oddechowego nie wyróżnia się zmian „mieszanych” jako odrębnego typu zaburzeń wentylacji [16,27-31]. Termin „zmiany mieszane” sugeruje występowanie trzeciego, odmiennego typu zaburzeń, w którym współistnieje obturacja i restrykcja. W rzeczywistości najczęściej mamy do czynienia z obturacją i wtórnymi do niej zmianami objętościowymi [24]. W przebiegu obturacji dochodzić może do rozdęcia płuc ze wzrostem objętości zalegającej (RV) i tym samym zmniejsza się pojemność życiowa (VC) i natężona pojemność życiowa (FVC). W takiej sytuacji należy wykonać próbę rozkurczową i sprawdzić, czy wskaźniki objętościowe (FVC, lub VC) ulegają normalizacji. W przypadku braku normalizacji wskaźników objętościowych mechanizm zmniejszenia (F)VC należy wyjaśnić badaniem pletyzmograficznym. Wobec powyższego używanie terminu „zmiany mieszane” w odniesieniu do wyniku spirometrii przy zmniejszeniu FVC występującym razem z obniżonym wskaźnikiem $FEV_1\%(F)VC$ nie znajduje uzasadnienia. Rzadkie sytuacje kliniczne, w których dochodzi do rzeczywistego nakładania się obydwu typów zaburzeń wymagają także rozszerzonej diagnostyki czynnościowej.

Podsumowanie:

1. Nie można przy pomocy spirometrii w sposób pewny rozpoznać współistnienia obturacji i restrykcji.
2. Termin „zmiany mieszane” nie powinien być stosowany, ponieważ wyróżnia się tylko dwa typy zaburzeń wentylacji (obturacyjny i restrykcyjny).

3. W przypadku kiedy $FEV_1\%(F)VC < DGN$ i $(F)VC < DGN$ należy wykonać próbę rozkurczową. Jeśli nie nastąpi normalizacja $(F)VC$ zaburzenia objętościowe należy zweryfikować oznaczeniem TLC.

4.4 Interpretacja próby rozkurczowej

U każdego człowieka można stwierdzić zmianę drożności dróg oddechowych po podaniu leków rozszerzających oskrzela. Jest to zjawisko biologiczne o charakterze ilościowym i określonym rozkładzie występujące w całej populacji, nie tylko u chorych z obturacją dróg oddechowych. Z tego powodu za zmianę istotną ze statystycznego punktu widzenia należy uznać taką, której prawdopodobieństwo wystąpienia u ludzi zdrowych jest mniejsze niż 5% [32,33].

Omawiając zagadnienie wpływu leków rozszerzających oskrzela na czynność płuc trzeba także wziąć pod uwagę zmiany wskaźników objętościowych. W spirometrii zmiany te może odzwierciedlać wzrost $(F)VC$ [32,33]. Jest to korzystny skutek działania tych leków, który może wystąpić także przy braku, lub tylko niewielkiej poprawie FEV_1 . W takiej sytuacji paradoksalnie może zmniejszyć się wskaźnik $FEV_1\%FVC$.

Próbę uznaje się za dodatnią wtedy, kiedy poprawa FEV_1 lub $(F)VC$ jest większa niż 200ml i przekracza 12% wartości należnej [2]. Należy podkreślić fakt konieczności odnoszenia stopnia poprawy do należnej, a nie do wyjściowej wartości wskaźnika [34,36]. Wydaje się to zrozumiałe, zwłaszcza w odniesieniu do osób młodych i wysokich, u których 200ml to zaledwie ok. 5% wartości należnej, a także tych ze znacznie obniżonym wyjściowym FEV_1 .

Często wymieniane w różnych opracowaniach kryterium poprawy FEV_1 o 15% lub 12% w stosunku do wartości wyjściowej nie jest oparte na badaniach populacyjnych i może dawać błędne wyniki zwłaszcza u pacjentów z niskimi wyjściowymi wartościami FEV_1 , a także nie uwzględnia efektów redukcji rozdęcia płuc. Poza tym taka prezentacja efektu działania leku w znaczny sposób uzależnia go od wartości wyjściowej (przy małych wartościach parametrów już niewielka bezwzględna ich poprawa stanowi znaczny wynik w procentach – na przykład poprawa FEV_1 z 800 mL na 950 ml to ponad 15% wartości wyjściowej, ale tylko 150 mL i zwykle ok. 5% wartości należnej).

Paradoksalnie chory, u którego poprawa FEV_1 wynosi 200mL przy wartości wyjściowej FEV_1 równej 1.4L ma słabą odwracalność, ale w momen-

cie spadku wyjściowej wartości FEV_1 do 1.3L ta sama zmiana (200mL) uznana byłaby jako znaczna odwracalność. Używanie tych kryteriów skutkuje nadrozpoznavaniem dobrze odwracalnej obturacji u chorych na POChP (zwłaszcza ciężką jej postać).

Wynik próby rozkurczowej nie decyduje o podjęciu i rodzaju leczenia, a ma za zadanie głównie wspomoczenie diagnostyki różnicowej astmy i POChP. Wyżej wymienione kryteria, jako dobrze udokumentowane i znacznie lepiej dyskryminujące te grupy chorych, powinny być powszechnie stosowane.

Kryterium to ma w dużej mierze charakter epidemiologiczny i może służyć jako element diagnostyki różnicowej u chorych na astmę i POChP. Nie ma jednak znaczenia decydującego, bowiem tak jak wśród chorych na POChP są chorzy z odwracalną obturacją tak też i wśród chorych na astmę może występować słaba reakcja na lek rozkurczowy [37]. Słaba odwracalność (ujemny wynik próby) nie oznacza niewrażliwości dróg oddechowych na lek i nie powinien być podstawą decyzji o zaniechaniu leczenia lekiem bronchodilatacyjnym. Istotniejszy w przypadku indywidualnego chorego jest efekt kliniczny.

Po podaniu leku rozkurczowego może zmienić się wartość FVC lub RV. Wobec tego zmianie ulega także objętość płuc w której mierzone są maksymalne przepływy wydechowe ($MEF_{25,50,75}$). Wartości $MEF_{75,50,25}$ przed i po leku dotyczą innej objętości płuc, tak więc są nieporównywalne, gdyż powstają w innych warunkach.

Podsumowanie:

1. Interpretacja wyników próby rozkurczowej dotyczy $(F)VC$ i FEV_1 .
2. Za znaczącą odwracalność (dodatni wynik próby) uważa się zwiększenie FEV_1 lub $(F)VC$ przekraczające 200mL i 12% wartości należnej.
3. Można stosować kryterium wzrostu wskaźników odnoszące go do wartości wyjściowej (np. 12% lub 15%) z zastrzeżeniem punktu 4.
4. Odnoszenie wzrostu wskaźników do ich wartości wyjściowej prowadzi do błędnej kwalifikacji odwracalności obturacji u chorych z relatywnie niskimi wyjściowymi wartościami $(F)VC$ i FEV_1 .
5. Nie ocenia się odwracalności obturacji w zakresie przepływu środkowego i maksymalnych przepływów wydechowych.
6. Zmiana w zakresie wskaźnika $FEV_1\%(F)VC$ nie ma znaczenia w interpretacji próby rozkurczowej.

7. Nie zaleca się używania terminu „nieodwracalna” obturacja. Brak poprawy w zakresie wskaźników spirometrycznych nie oznacza braku skuteczności klinicznej leczenia bronchodilatoryjnego.

5. Standard wyniku badania czynnościowego

Wynik badania spirometrycznego powinien zawierać następujące elementy:

- dane umożliwiające jednoznaczną identyfikację osoby badanej wraz z danymi antropometrycznymi
- informacje dotyczące daty i miejsca badania oraz osoby odpowiedzialnej za nadzór merytoryczny pracowni
- informacje dotyczące leków bronchodilatoryjnych przyjmowanych przed badaniem
- wykresy badań w układach objętość-czas i przepływ-objętość
- tabele z wynikami liczbowymi
- źródło zastosowanych wartości należnych
- informacje dotyczące daty ostatniej kalibracji aparatu
- i dodatkowo (opcjonalnie):
- opis badania podpisany przez lekarza
- dane dotyczące rozpoznania klinicznego lub podejrzewanego jednostki chorobowej
- nazwisko osoby wykonującej badanie
- informacje dotyczące ilości wykonanych manewrów natężonego wydechu
- informacje dotyczące stopnia powtarzalności wyników (skala literowa wg NLHEP)
- informacje dotyczące metody wyboru danych do interpretacji (obwiednia, najlepsza krzywa)

Nie wszystkie parametry mierzone i wyliczane w badaniu spirometrycznym są brane pod uwagę podczas interpretacji jego wyników. Umieszczanie w tabeli wszystkich możliwych i proponowanych przez producentów sprzętu wskaźników pogarsza tylko czytelność i przejrzystość wyniku. Podstawowe wskaźniki, które muszą być widoczne na każdym wyniku to:

- VC_{max} (FVC w przypadku wykonania wyłącznie badania wydechowego)
- FEV_1
- $FEV_1\%VC_{max}$ ($FEV_1\%FVC$ w przypadku wykonania wyłącznie badania wydechowego)

Cennym uzupełnieniem są wskaźniki maksymalnych przepływów wydechowych i przepływu środkowego:

- MEF_{75-25} (FEF_{25-75} , MMEF)
- PEF
- MEF_{75} (FEF_{25})
- MEF_{50} (FEF_{50})
- MEF_{25} (FEF_{75})

Zalecane jest umieszczanie na wyniku danych świadczących o jakości technicznej wykonanych manewrów natężonego wydechu:

- TPEF – czas do osiągnięcia PEF
- FET – czas trwania natężonego wydechu

Ocena wyniku powinna zawierać informacje dotyczące typu rozpoznanych lub podejrzewanego zaburzeń, stopnia ich nasilenia w zależności od podejrzewanego jednostki chorobowej oraz reakcji na lek rozkurczowy (jeśli wykonano próbę rozkurczową). Konieczne jest umieszczenie w opisie informacji o ewentualnych okolicznościach mających wpływ na wiarygodność wyniku (szczególnie: niedostateczna ilość wykonanych manewrów oddechowych, brak lub słaba powtarzalność, krótki czas FET, brak współpracy ze strony pacjenta).

Piśmiennictwo

1. Ferguson GT, Enright PL, Buist AS, Higgins MW. Office spirometry for lung health assessment in adults: A consensus statement from the National Lung Health Education Program. *Chest* 2000;117:1146-61.
2. Standardized lung function testing. Official statement of the European Respiratory Society [see comments]. *Eur. Respir. J. Suppl* 1993;16:1-100.
3. Crapo RO, Morris AH, Gardner RM. Reference spirometric values using techniques and equipment that meet ATS recommendations. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1981;123:659-64.
4. Miller A, Thornton JC, Warshaw R, Bernstein J, Selikoff IJ, Teirstein AS. Mean and instantaneous expiratory flows, FVC and FEV1: prediction equations from a probability sample of Michigan, a large industrial state. *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.* 1986;22:589-97.

5. Morris JF, Koski A, Johnson LC. Spirometric standards for healthy nonsmoking adults. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1971;103:57-67.
6. Cherniack RM, Raber MB. Normal standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1972;106:38-46.
7. Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1983;127:725-34.
8. Roca J, Sanchis J, Agusti-Vidal A, Segarra F, Navajas D, Rodriguez-Roisin R et al. Spirometric reference values from a Mediterranean population. *Bull. Eur. Physiopathol. Respir.* 1986;22:217-24.

9. Falaschetti E, Laiho J, Primatesa P, Purdon S.: Prediction equations for normal and low lung function from the Health Survey for England. *Eur. Respir. J.* 2004;23:456-63.
10. Ware JH, Weiss S. Statistical issues in longitudinal research on respiratory health. *Am. J. Respir. Crit Care Med.* 1996;154:S212-S216.
11. Tager IB, Segal MR, Speizer FE, Weiss ST.: The natural history of forced expiratory volumes. Effect of cigarette smoking and respiratory symptoms. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1988;138: 837-49.
12. Hankinson JL, Crapo RO, Jensen RL.: Spirometric reference values for the 6-s FVC maneuver. *Chest* 2003;124: 1805-11.
13. Quanjer PH, Stocks J, Polgar G, Wise M, Karlberg J, Borsboom G. Compilation of reference values for lung function measurements in children. *Eur. Respir. J. Suppl* 1989;4: 184S-261S.
14. Zapletal A, Paul T, Samanek M. [Significance of contemporary methods of lung function testing for the detection of airway obstruction in children and adolescents (author's transl)]. *Z. Erkr. Atmungsorgane.* 1977;149:343-71.
15. Miller MR, Pincock AC. Predicted values: how should we use them? *Thorax* 1988;43:265-67.
16. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. American Thoracic Society [see comments]. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1991;144:1202-18.
17. Guidelines for the measurement of respiratory function. Recommendations of the British Thoracic Society and the Association of Respiratory Technicians and Physiologists [see comments]. *Respir. Med.* 1994;88:165-94.
18. Boros P, Kowalski J. Jak prawidłowo oceniać wyniki badań czynnościowych układu oddechowego? *Pneumonol. Alergol. Pol.* 2000;68:299-302.
19. Stocks J, Quanjer PH. Reference values for residual volume, functional residual capacity and total lung capacity. ATS Workshop on Lung Volume Measurements. Official Statement of The European Respiratory Society. *Eur. Respir. J.* 1995;8: 492-506.
20. Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of Chronic Obstructive Pulmonary Disease Updated 2003: NHLBI/WHO Workshop. National Heart, Lung, and Blood Institute, World Health Organization. (Based on an April 1998 NHLBI/WHO Workshop. Report originally published in April 2001 as NIH Publication Number 2701.). 2003.
21. Zalecenia Polskiego Towarzystwa Ftizjopneumonologicznego rozpoznawania i leczenia przewlekłej obturacyjnej choroby płuc (POChP). *Pneumonol. Alergol. Pol.* 2002;70 Suppl. 2:1-42.
22. Global Strategy for Asthma Management and Prevention. National Heart, Lung, and Blood Institute, National Institutes of Health. Bethesda, Maryland Issued January 1995, NIH Publication No 02-3659, revised 2002, updated 2003 full text: www.ginasthma.com . 2003.
23. Aaron SD, Dales RE, Cardinal P. How accurate is spirometry at predicting restrictive pulmonary impairment? *Chest* 1999;115:869-73.
24. Boros P, Franczuk M, Wesolowski S. Zmiany „mieszane” – weryfikacja rozpoznania typu zaburzeń wentylacyjnych. *Pneumonol. Alergol. Pol.* 2003;71:527-532.
25. Boros PW, Franczuk M, Wesolowski S. Value of spirometry in detecting volume restriction in interstitial lung disease patients. *Respiration* 2004; 71:374-379.
26. Flenley DC. Chronic obstructive pulmonary disease. *Dis. Mon.* 1988;34:537-99.
27. Petty TL. Simple office spirometry. *Clin. Chest Med.* 2001;22:845-59.
28. Standardization of spirometry—1987 update. Statement of the American Thoracic Society. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1987;136:1285-98.
29. Standardization of Spirometry, 1994 Update. American Thoracic Society. *Am. J. Respir. Crit Care Med.* 1995;152:1107-36.
30. Crapo RO. Pulmonary-function testing. *N. Engl. J. Med.* 1994;331:25-30.
31. Hyatt RE, Scanlon PD, Nakamura M. Interpretation of pulmonary function tests: a practical guide., II ed. Philadelphia, Baltimore, New York, London, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo: Lippincott Williams & Wilkins; 2003.
32. Watanabe S, Renzetti AD, Jr., Begin R, Bigler AH. Airway responsiveness to a bronchodilator aerosol. I. Normal human subjects. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1974;109:530-37.
33. Lorber DB, Kaltenborn W, Burrows B. Responses to isoproterenol in a general population sample. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1978;118:855-61.
34. Afschrift M, Clement J, Peeters R, Van de Woestijne KP. Maximal expiratory and inspiratory flows in patients with chronic obstructive pulmonary disease. Influence of bronchodilation. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1969;100:147-52.
35. Eliasson O, Degraff AC, Jr. The use of criteria for reversibility and obstruction to define patient groups for bronchodilator trials. Influence of clinical diagnosis, spirometric, and anthropometric variables. *Am. Rev. Respir. Dis.* 1985;132:858-64.
36. Dompeling E, van Schayck CP, Molema J, Akkermans R, Folgering H, van Grunsven PM et al. A comparison of six different ways of expressing the bronchodilating response in asthma and COPD; reproducibility and dependence of prebronchodilator FEV1. *Eur. Respir. J.* 1992;5:975-81.
37. Kesten S, Rebuck AS. Is the short-term response to inhaled beta-adrenergic agonist sensitive or specific for distinguishing between asthma and COPD? *Chest* 1994;105:1042-45.

ODRĘBNOŚCI W WYKONYWANIU BADAŃ SPIROMETRYCZNYCH U DZIECI

Waldemar Tomalak

Pneumonol. Alergol. Pol. 2004, 72, 29-30

Przeprowadzanie badania spirometrycznego u dzieci nie wymaga ani specjalnego sprzętu ani modyfikacji procedur, według których przeprowadza się pomiary. Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, że badania spirometryczne mają charakter wolicjonalny i uwzględnić jego implikacje. W części przypadków badanie spirometryczne może w ogóle nie zostać przeprowadzone, z uwagi na brak współpracy badanego dziecka.

Badania u dzieci winny być przeprowadzane przez personel zaznajomiony ze specyfiką ich przeprowadzania w tej grupie pacjentów [1]. Z uwagi na to, że przeprowadza się pomiary zarówno u dzieci starszych (>14 lat, u których przeprowadzanie badania jest mniej problematyczne) a także coraz częściej u dzieci coraz młodszych, szczególną uwagę należy zwrócić na jak najdokładniejsze objaśnienie sposobu przeprowadzenia badania, tak by badane dziecko rozumiało, jakie są wobec niego oczekiwania. Istotną rolę spełnia również właściwe dopingowanie dziecka w czasie wykonywania manewrów oddechowych (VC, FVC, etc.).

Aczkolwiek pomiary przeprowadza się w sposób identyczny jak u dorosłych (p. procedury), badania wykazują, że w części przypadków mogą nie zostać spełnione kryteria akceptowalności wyniku pomiaru. W 2001 roku Arets i wsp. [2] opublikowali wyniki pracy analizującej wypełnienie kryteriów powtarzalności i akceptowalności krzywych przepływ – objętość u 446 dzieci w wieku 5-19 lat. Kryterium czasu forsownego wydechu spełniało jedynie 15.3% dzieci, a odpowiedniej wartości wstecznie ekstrapolowanej objętości (w zależności od wyboru kryterium) – 91 do 95%. Kryterium powtarzalności wyników (zdefiniowane jako różnica FVC i FEV1 < 200 ml) były spełnione u 97% dzieci.

Tak więc, przeprowadzając pomiar u dzieci należy się spodziewać problemów z utrzymaniem odpowiednio długo trwającego natężonego wydechu, kłopotów z odpowiednim startem manewru (Vbe) oraz – dużo rzadziej – niespełnienia warunku dotyczącego powtarzalności wyników akceptowalnych pomiarów. Należy jednak dodać, że mimo tego uzyskane wyniki mogą być zinterpretowane, jednakże

informacja o niespełnieniu warunków winna być zamieszczona na raporcie z badania.

Wartości należne

Wybór wartości należnych winien być przemyślanym aktem osób odpowiedzialnych za funkcjonowanie laboratorium i nie powinien być pozostawiony wytwórcom sprzętu pomiarowego [1]. Wartości należne winny bazować na danych uzyskanych z populacji podobnej (pod względem wieku, wzrostu, płci, kompozycji etnicznej) do tej, względem której wartości należne będą stosowane, oraz uzyskanych przez wykwalifikowany personel, na urządzeniach spełniających kryteria metrologiczne i w określonych standardami manewrach oddechowych. Dla populacji dziecięcej opracowano rozmaite zestawy wartości należnych, zebrane m.in. w publikacji [3].

W populacji dziecięcej głównymi i najsilniejszymi determinantami wartości należnych są płeć (a więc istnieją zestawy równań dla chłopców i dziewcząt) oraz wzrost (co związane jest ze wzrostem całego organizmu). Wiek i waga mają mniejsze znaczenie, po części również dlatego, że w populacji dziecięcej wzrost, wiek i waga są z sobą silnie powiązane. Kolejną i istotną różnicą jest to, że rozrzut wartości należnych jest związany z wartością FVC (szerokość zakresu wartości prawidłowych nie jest stała [4]). Dla dziecięcej populacji polskiej prace nad wartościami należnymi prowadzone były wielokrotnie w Oddziale IGiChP w Rabce [5,6,7].

Równania opisujące wartości należne dla parametrów badania spirometrycznego mają charakter najczęściej nieliniowy tzn. potęgowy, wykładniczy lub multiplikatywny. Ponieważ część nowoczesnych zestawów zawiera edytory wartości należnych, można je umieścić w zestawie dostępnych norm. W innych przypadkach, możliwe jest to np. na podstawie umowy z dostawcą/producentem.

Pismiennictwo

1. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 144: 1202-1218, 1991.
2. Arets HGM, Brackel HJL, van der Ent CK. Forced expiratory manoeuvres in children: do they meet ATS and ERS criteria for spirometry? Eur Respir J. 18:655-660, 2001.
3. Quanjer P, Stocks J, Polgar G i wsp. Compilation of reference values for lung function measurements in children. Eur Respir J. Suppl. 4, 184s-261s, 1992.
4. Quanjer P i wsp. <http://www.spirxpert.com>
5. Hałuszka J, Willim G, Tomalak W, Kapustianyk I. Komputerowo wspomagana ocena stanu czynnościowego płuc. IMiDz Rabka: 1-31, 1990.
6. Willim G, Kurzawa R, Mazurek H, Hałuszka J, Jędrus-Kłucjasz U, Baran B, Radliński J. Wartości należne wskaźników oddechowych dzieci i młodzieży. IGiChP Oddział w Rabce, 1-62, 1998.
7. Tomalak W, Radliński J, Pogorzelski A, Doniec Z. Reference values for forced inspiratory flows in children aged 7-15 years. Pediatr. Pulmon. 2004, 38:1-4.

PRZESTRZEGANIE HIGIENY I KONTROLA TRANSMISJI ZAKAŻEŃ

Małgorzata Czajkowska-Malinowska, Andrzej Krzywiecki

Pneumonol. Alergol. Pol. 2004, 72, 31-32

Badanie spirometryczne wymaga od osoby badanej oddychania przez tory pomiarowe aparatury. Są to elementy trudne do skutecznego wyczyszczenia i dezynfekcji pomiędzy badaniami kolejnych pacjentów.

Podczas badań spirometrycznych pacjenci mogą wytwarzać przepływ do 14 L/s (840 L/min), co łatwo powoduje przemieszczanie się śliny i śluzu oraz tworzy gęste makro- i mikro-aerozole. Mogą się one następnie gromadzić na urządzeniach, co stwarza ryzyko infekcji krzyżowej [1,2].

Ryzyko zakażenia krzyżowego wzrasta, ponieważ badaniom poddawana jest coraz większa liczba pacjentów o niewydolnym układzie immunologicznym, jak np. zarażeni wirusem HIV oraz chorzy na nowotwory po chemioterapii lub też przeszczepach organów lub szpiku kostnego [3,4]. Organizmy, które zdolne są przetrwać przez dłuższy czas pozaustrojowo, np., *Mycobacterium avium-intracellulare*, *Mycobacterium tuberculosis*, oraz gatunki z grupy *Aspergillus*, stanowią szczególne zagrożenie dla tego typu pacjentów.

Na powierzchni ustników i początkowych częściach przewodów, przez które odbywa się wydech pacjenta wykrywano bakterie pochodzące z jego dróg oddechowych [5-8]. Udowodniono transmisję zakażenia w trakcie spirometrii *Mycobacterium tuberculosis* [9] oraz *Pseudomonas cepacia* [10].

Odkazanie spirometrów jest utrudnione ze względu na skomplikowaną budowę. Głównym celem dezynfekcji jest utrzymanie odpowiedniego reżimu sanitarnego jest zapobieganie przenoszeniu się infekcji na osoby badane oraz personel podczas badań spirometrycznych [11]. Do głównych dróg przenoszenia infekcji należą:

1. Kontakt bezpośredni: istnieje prawdopodobieństwo przeniesienia drobnoustrojów z górnych dróg oddechowych oraz zakażeń poprzez krew w wyniku bezpośredniego kontaktu. Zarażenie wirusem zapalenia wątroby oraz HIV jest mało prawdopodobne poprzez ślinę, ale jest możliwe w przypadku istnienia otwartych ran błony śluzowej jamy ustnej, owrzodzeń, krwawiących dziąseł lub

krwiopłucia. Powierzchniami najczęściej narażonymi na kontakt są ustniki oraz powierzchnie elementów bezpośrednio z nimi sąsiadujących, jak głowice lub przewody.

2. Kontakt pośredni: istnieje prawdopodobieństwo przeniesienia infekcji drogą inhalacyjną. Elementami narażonymi na kontaminację są ustniki oraz bezpośrednio z nimi sąsiadujące głowice lub przewody.

Zawsze, gdy wykonywana jest spirometria, należy stosować następujące zasady:

1. Zapobieganie przenoszeniu zakażeń na personel narażony na kontakt z zakażonymi powierzchniami spirometru, polega na myciu rąk i stosowaniu rękawic ochronnych. Należy myć ręce po każdym bezpośrednim kontakcie z ustnikami, rurkami, głowicami lub wewnętrznymi powierzchniami spirometru, a także po każdym wykonanym badaniu [11-13]. Natomiast podczas obsługi potencjalnie skażonego sprzętu osoby wykonujące spirometrię mające na rękach jakiegokolwiek otwarte rany lub przecięcia, powinny używać rękawic ochronnych [14,15].

2. Aby uniknąć zakażeń krzyżowych, należy stosować ustniki jednorazowe i regularnie dezynfekować lub sterylizować elementy wielokrotnego użytku. Optymalna częstotliwość dezynfekcji lub sterylizacji elementów łączących i głowic nie została określona. Jednakże, jakakolwiek powierzchnia sprzętu o widocznych miejscach skroplenia wydychanego powietrza, powinna być dezynfekowana lub sterylizowana przed ponownym użyciem. Należy ściśle przestrzegać wszelkich wskazówek producenta dotyczących właściwego posługiwania się tymi wyrobami [11].

3. W warunkach, gdzie prawdopodobne jest wystąpienie gruźlicy lub innych chorób przenoszonych drogą inhalacyjną, należy położyć szczególny nacisk na kontrolę warunków otoczenia poprzez wentylację lub odkazanie powietrza promieniami ultrafioletowymi w celu zapobiegania przenoszenia się tych chorób [11,16,17].

4. Dodatkowe środki ostrożności należy przedsięwziąć w przypadku pacjentów z rozpoznanymi infekcjami zakaźnymi. Ewentualne środki zapobiegawcze to:

- przeznaczanie osobnego spirometru wyłącznie do przeprowadzania badań pacjentów zakaźnych;
- przeprowadzanie badań tychże pacjentów na koniec dnia, aby uwzględnić czas na demontaż i dezynfekcję spirometru;
- wykonywanie badań pacjentów w ich własnej sali.

5. W przypadku braku dowodów na możliwość transmisji zakażenia podczas spirometrii, nie jest konieczne regularne stosowanie filtrów, jeśli przestrzegane są środki zapobiegawcze opisane powyżej [11,18].

6. Filtry są szczególnie zalecane u chorych na mukowiscydozę, gruźlicę oraz u chorych z określoną kolonizacją szczególnie patogennymi drobnoustrojami.

7. W przypadku stosowania filtra podczas spirometrii, interpretacja parametrów spirometrycznych innych niż FVC i FEV₁ (np., PEF) powinna uwzględniać możliwość istnienia wpływu filtra na uzyskany wynik [1,19]. Jeśli stosujemy filtry, zaleca się, aby urządzenie kalibrować wraz z podłączonym filtrem. Ważne jest, aby opór samego filtra był jak najniższy (np. <0.15 kPa·L/s (1.5 cmH₂O·L/s)) [20]. Użycie filtra nie eliminuje potrzeby regularnego czyszczenia i odkażania sprzętu spirometrycznego oraz przestrzegania ogólnych środków zapobiegawczych dotyczących profilaktyki przenoszenia się infekcji [11,21].

8. Należy dokonywać kontroli bakteriologicznej pracowni poprzez pobieranie wymazów z części narażonych na kontaminację nie rzadziej niż raz na kwartał.

Piśmiennictwo

1. Johns DP, Ingram C, Booth H, Williams TJ, Walters EH. Effect of a microaerosol barrier filter on the measurement of lung function. *Chest* 1995;107(4): 1045-1048.
2. Kendrick AH, Smith EC, Leeming JP. Bacterial colonization as a potential source of nosocomial respiratory infections in spirometers. *Eur Respir J*. 1997 Jul;10(7):1694-5.
3. Depledge MH, Barrett A. Aseptic techniques for lung function testing. *J Hosp Infect* 1981; 2:369-72
4. Lloyd GM. Contamination and its control during pulmonary function testing. *Proceedings of the Eighth Scandinavian Congress of Clinical Physiology*, Helsinki, July 14-15, 1989
5. Leeming JP, Kendrick AH, Pryce-Roberts D, Smith D, Smith EC. Use of filters for the control of cross-infection during pulmonary function testing. *J Hosp Infect*, 1993, 23: 245-246
6. Rutala DR, Rutala WA, Weber DR, et al. Infection risks associated with spirometry. *Infection Control Hospital Epidemiol* 1991;12:89-92.
7. Burgos F, Torres A, Gonzalez J, Puig de la Bellacasa J, Rodriguez-Roisin R, Roca J. Bacterial colonization and cross-transmission risk of nosocomial respiratory infection in two types of spirometr. *Eur Respir J* 1996; 9:2612-2617
8. Hiebert T, Miles J, Okenson GC. Contaminated aerosol recovery from pulmonary function testing equipment. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159:610-612
9. Hazaleus RE, Cole J, berdischewsk M: Tuberculosis skin test conversion from exposure to contaminated pulmonary function testing apparatus. *Respir Care*, 1981, 26: 53-55
10. Isles A, Maclusky I, Corey M, Gold R, Prober C, Flemong P, Levison H: *Pseudomonas cepacia* in cystic fibrosis: an emerging problem. *J Paediatr* 1984, 104: 206-210
11. American Thoracic Society. Standardization of spirometry 1994 update. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152: 1107-1136.
12. Garner JS, Favero MS. CDC guidelines for the prevention and control of nosocomial infections: guideline for hand washing and hospital environmental control. *Am J Infect Control* 1986;14:110-129.
13. Tablan OC, Williams WW, Martone WJ. Infection control in pulmonary function laboratories. *Infect Control* 1985;6: 442-444.
14. Centers for Disease Control. Update: universal precautions for prevention of transmission of human immunodeficiency virus, hepatitis B virus, and other blood borne pathogens in health care settings. *MMWR* 1988;37: 377-388.
15. Centers for Disease Control. Summary: recommendations for preventing transmission of infection with human T-lymphotrophic virus type III/lymphadenopathy-associated virus in the workplace. *MMWR* 1985; 34:681,686, 691-695.
16. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in health care facilities, 1994. *MMWR* 1994; 43:1-32.
17. Centers for Disease Control and Prevention. Guidelines for preventing the transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in health-care facilities, 1994. *MMWR* 1994; 43:1-132.
18. Kendrick AH, Johns DP, Leeming JP. Infection control of lung function equipment: a practical approach. *Respir Med*. 2003;97:1163-79.
19. Fuso L, Accardo D, Bevignani G, et al. Effects of a filter at the mouth on pulmonary function tests. *Eur Respir J* 1995; 8:314-317.
20. Clausem JL. Lung volume equipment and infection control. *ERS/ATS Workshop Report Series*. *Eur Respir J*. 1997; 10:1928-32
21. AARC Clinical Practice Guideline Spirometry, 1996 Update. *Respir Care* 1996; 41:629-636